

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАТИКИ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Кафедра автоматизованих систем обробки інформації і управління

УДК: 004.942

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

(підпис) О.А.Павлов
(ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2019 р.

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки 6.050101 «Комп'ютерні науки»

на тему: *« Інформаційна система аналізу властивостей складних систем спецпризначення »*

Виконала: студентка 4 курсу, групи ІС-51

Абрашина Надія Олександрівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник

доц., к.т.н., доц. Баклан І.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

**Консультант з
графічної
документації**

доц., к.т.н., доц. Тєлишева Т.О.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент

доц., к.т.н., доц. Ліхоузова Т.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студентка Абрашина Н.О.

(підпис)

Київ – 2019 року

АНОТАЦІЯ

Структура та обсяг роботи. Пояснювальна записка дипломного проекту складається з п'яти розділів, містить 14 рисунків, 10 таблиць, 1 додаток, 14 джерел.

Дипломний проект присвячений розробці інформаційної системи аналізу властивостей складних систем спецпризначення.

Метою створення системи є підвищення якості початкової підготовки особового складу, зменшення розходу витратних матеріалів та ризиків, пов'язаних з пошкодженням техніки, під час підготовки

Виконано аналіз предметного середовища, в рамках якого буде використовуватися система. Розглянуто рішення поставленої задачі, що існують на даний момент. Висвітлені вхідні та вихідні дані, з якими оперує програма, а також ключові моменти стосовно способу їхнього зберігання та обробки. Виконано дослідження задачі балістичного руху. Розроблено архітектуру застосунку, інструкцію користувача, протокол тестування.

ЗАСТОСУНОК, UNITY 3D, ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНЕ ПРОГРАМУВАННЯ, ПРОГРАМНИЙ ПРОДУКТ, БАЛІСТИЧНИЙ РУХ

					ДП ІС-5101.1181-с.ПЗ			
Зм.	Арк.	Прізвище	Підпис	Дата				
Розроб.		Абрашина Н.О.			Інформаційна система аналізу властивостей складних систем спецпризначення	Літ.	Лист	Листів
Перевірив.		Баклан І.В.					2	85
.						КПІ ім. Ігоря Сікорського кафедра АСОІУ гр. ІС-51		
Н. кон.		Тєлешева Т.О						
Затв.		Павлов О.А.						

ABSTRACT

Structure and scope of work. Explanatory note of the diploma project consists of five sections, containing 14 figures, 10 tables, 1 supplement, 14 sources.

The diploma project is devoted to the development of an information system for analyzing the properties of complex systems of special purpose.

The purpose of the system is to improve the quality of initial training of personnel, reduce the distribution of consumables and risks associated with damage to equipment during preparation.

An analysis of the subject environment within which the system will be used is performed. The solutions of the problem, which exist at the moment, are considered. Highlights the input and output data that the program uses, as well as key points about how they are stored and processed. A study of the ballistic motion problem is performed. An application architecture, user manual, test protocol is developed.

APPLICATION, UNITY 3D, OBJECT-ORIENTED SOFTWARE,
SOFTWARE, BALLISTIC MOVEMENT

					ДП ІС-5100.1181-с.ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І СИМВОЛІВ.....	6
ВСТУП.....	7
1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	8
1.1 ОПИС ПРЕДМЕТНОГО СЕРЕДОВИЩА.....	8
1.1.1 ОПИС ПРОЦЕСУ ДІЯЛЬНОСТІ.....	8
1.1.2 ОПИС ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ МОДЕЛІ.....	11
1.2 ОГЛЯД НАЯВНИХ АНАЛОГІВ.....	13
1.3 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	18
1.3.1 ПРИЗНАЧЕННЯ РОЗРОБКИ.....	18
1.3.2 ЦІЛІ ТА ЗАДАЧІ РОЗРОБКИ.....	18
Висновок до розділу.....	18
2 ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	19
2.1 ВХІДНІ ДАНІ.....	19
2.2 ВИХІДНІ ДАНІ.....	20
2.3 ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРИ МАСИВІВ ІНФОРМАЦІЇ.....	21
Висновок до розділу.....	22
3 МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	23
3.1 ЗМІСТОВНА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	23
3.2 МАТЕМАТИЧНА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	23
3.3 ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ РОЗВ’ЯЗАННЯ.....	25
3.4 ОПИС МЕТОДІВ РОЗВ’ЯЗАННЯ.....	26
4. ПРОГРАМНЕ ТА ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	30
4.1 ЗАСОБИ РОЗРОБКИ.....	31

4.2	Вимоги до технічного забезпечення.....	32
4.3	Архітектура програмного забезпечення.....	32
4.3.2	Діаграма класів.....	32
4.3.2	Діаграма послідовності.....	37
4.3.3	Діаграма компонентів.....	38
4.4	Опис звітів.....	42
	Висновок до розділу.....	42
5	ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	44
5.1	Керівництво користувача.....	44
5.2	Випробування програмного продукту.....	52
5.2.1	Мета випробувань.....	52
5.2.2	Загальні положення.....	52
5.2.3	Результати випробувань.....	52
	Висновок до розділу.....	59
	ВИСНОВОК.....	60
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	61
	ДОДАТОК А.....	63

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І СИМВОЛІВ

Азимут — кут до напрямку на північ

Дж — джоулів

м/с — метрів на секунду

м/с² — метрів на секунду в квадраті

мм.рт.ст. - міліметрів ртутного стовпця

ОС — градусів за шкалою Цельсія

CSV — comma-separated values ‘значення, розділені комою’, іноді character-separated values ‘значення, розділені символом’, формат текстового файлу для представлення табличних даних, у якому вміст колонок розмежований певним наперед визначеним символом

Nullable-структурами — різновид структур у мові С#, що можуть набувати значення null

Usecase-діаграма — Структурна схема загальної функціональності програми

$\Delta V_{0\text{сум}}$ — сумарне відхилення початкової швидкості снарядів

δVO — різнобій основних гармат батарей відносно контрольної гармати дивізіону та гармат батарей відносно основної

$\Delta VO_{\text{гр}}$ — відхилення початкової швидкості снарядів через знос каналу ствола гармати.

ВСТУП

Сучасні методи комп'ютерного моделювання дозволяють значно зменшити кількість необхідних випробувань при дослідженнях, так само як і значно спростити навчання особового складу, що допомагає значно зменшити витрати витратних матеріалів, а також ризики, пов'язані з випробуваннями та навчаннями.

Питання розрахунку балістичних процесів досліджується вже сотні років. В цій галузі працювали такі видатні вчені, як Робінс, Ейлер, Гуттон, Ломбард, Обенгейм, Магнус, Пуассон, Дідіон, Отто, Готьє, гр. Сен-Роберт, гр. Магнус де Спарр, Мюзю, Жуффре, Сіаччі, Нобль, Нейман, Ейбл, Резаль, Сарри, Піюбер, Уїтстон, Константинов, Наве, Марсель, Депре, Лебуланже, К. Рунге, М. Кутта та багато інших.

Призначення розробки

Призначенням розроблюваної системи є імітація руху артилерійського снаряду з урахуванням таких параметрів, як:

- початкова швидкість;
- кут пострілу;
- сила тяжіння;
- коефіцієнт опору повітря;
- атмосферний тиск;
- температура повітря.

Цілі та задачі розробки

Метою створення системи є підвищення якості початкової підготовки особового складу, зменшення розходів боєприпасів та ризиків, пов'язаних з пошкодженням техніки, під час підготовки.

					ДП ІС-5100.1181-с.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		7

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 Опис предметного середовища

1.1.1 Опис процесу діяльності

Розроблювана система призначена для використання у військовій сфері, зокрема під час навчання особового складу артилерійських підрозділів. Розглянемо процес діяльності артилерійських підрозділів під час навчальних занять, а також процес діяльності артилерійських підрозділів під час бойових та показових стрільб.

Згідно підручника “Стрільба артилерії” (Суми, Видавництво СумДУ, 2010; розділ 13.1)^[1], на тренувальних заняттях відпрацьовуються питання організації і ведення розвідки, організації зв’язку, топогеодезичної прив’язки, метеорологічної, балістичної та технічної підготовки. Особлива увага приділяється плануванню, підготовці і веденню вогню, коректуванню стрільби на ураження й оцінюванню виконання вогневого завдання.

Згідно із затвердженими наказом командувача Сухопутних військ Збройних Сил України від 17.06.2008 року Правилами стрільби і управління вогнем наземної артилерії (далі Правила)^[2], “завданням **розвідки** є ... визначення координат цілі, збір та обробка розвідувальних даних про противника” (пункт 14). Розвідувальні дані включають:

- номер і характер цілі;
- координати і абсолютну висоту (кут місця) центру цілі і, якщо можливо, координати основних елементів групової цілі;
- розміри цілі за фронтом та глибиною;
- характер діяльності цілі, ступінь захисту живої сили і техніки;
- час та засіб виявлення цілі (пункт 15 Правил).

Широко використовуються системи звукової розвідки та радіолокаційні станції.

Метою **топогеодезичної підготовки** є визначення координат власних

					ДП ІС-5101.1181-с.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		8

позицій, а також дирекційних кутів орієнтирних напрямків для наведення гармат (мінометів) і орієнтування приладів (пункт 19 Правил).

Завданням **метеорологічної підготовки** є визначення відхилень метеорологічних умов, які враховуються під час стрільби. Визначення метеорологічних умов здійснюють метеорологічні станції та метеорологічні пости дивізіонів (пункт 24 Правил). Метеорологічна підготовка як дивізіону, так і батареї зводиться до отримання метеорологічних бюлетнів.

Балістична підготовка в дивізіоні (батареї) включає:

- визначення відхилення початкової швидкості снарядів через знос каналу ствола гармати (ΔV_0 гр);
- визначення різницею основних гармат батареї відносно контрольної гармати дивізіону та гармат батареї відносно основної (δV_0);
- визначення сумарного відхилення початкової швидкості снарядів ($\Delta V_{0\text{сум}}$) для контрольної гармати дивізіону та основних гармат батареї;
- визначення температури зарядів;
- визначення балістичних характеристик боєприпасів;
- сортування та розподіл боєприпасів, які надійшли, між батареями (гарматами).

Завданням **технічної підготовки** є підготовка озброєння, боєприпасів, транспорту, приладів та устаткування до ведення бойових дій. Під час технічної підготовки визначаються поправки, пов'язані із технічним станом прицільних пристроїв та приладів, що вносяться до їх формулярів.

Згідно підручника “Стрільба артилерії”, навчальні заняття виконуються у такому порядку:

- керівник тренування призначає свого заступника, помічників з імітації, посередників при командирах (штабах) та склад контрольної групи;
- напередодні тренування, керівник доводить до відома військовослужбовців тактичне завдання (тактична обстановка, необхідні

					ДП ІС-5101.1181-с.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

вихідні та довідкові дані, матеріально-технічне забезпечення, література для самостійного опрацювання);

- керівник розподіляє військовослужбовців за посадами;
- керівник проводить завчасну перевірку готовності військовослужбовців;
- за необхідності, керівник надає військовослужбовцям допомогу у підготовці до завдання;
- перед початком тренування, посадові особи з числа військовослужбовців, що навчаються, доповідають керівнику про готовність до роботи;
- керівник виконує перевірку стану готовності військовослужбовців та матеріально технічної бази;
- керівник задає складну та повчальну обстановку, яку доводить до військовослужбовців особисто або через своїх заступників, за допомогою радіозв'язку, гучномовця, моделей чи іншими способами;
- військовослужбовці приймають рішення у відповідності до обстановки;
- якщо рішення невірне, командир може надати додаткову інформацію або примусово змінити рішення;
- після завершення заняття, командир виконує розбір результатів.

Схема структурна бізнес-процесу представлена у графічному матеріалі.

Порядок проведення бойових та показових стрільб описано в розділі 14.1 підручника “Стрільба артилерії”.

На допомогу керівникові призначаються контрольна група та помічники (хронометристи, записувачі); також, на кожен вогневу позицію батареї призначаються вогневі посередники.

Умови кожного вогневого завдання відрізняються від попереднього; той, хто виконує завдання, не повинен наперед знати ціль та завдання стрільби.

Після отримання вогневого завдання той, хто управляє вогнем, з'ясовує його, оцінює умови виконання та приймає рішення.

Якщо завдання доводиться розпорядженням загальновійськового (старшого артилерійського) командира (начальника), офіцер, який управляє

					ДП ІС-5101.1181-с.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

вогнем, з'ясовує положення цілі на місцевості та доповідає: „Ціль бачу”; якщо завдання доводиться кодогromoю, офіцер, який управляє вогнем, підтверджує його прийом та доповідає: „Ціль з'ясував”; якщо завдання доводиться ввідною, що вимагає самостійного прийому рішення, доповідає про прийняте рішення.

Після доведення завдання вогневим підрозділам той, хто виконує вогневе завдання, доповідає керівникові: коефіцієнт віддалення, крок кутотіра, положення вогневої позиції відносно лінії спостереження, $\Delta X_{\text{тис}}$, точку спостереження, від якої здійснюється вимірювання відхилень розривів, необхідних для контролю розрахунків коректур.

Якщо вогневе завдання відбувається з тристрілюванням репера, той, хто виконує вогневе завдання, доповідає свої спостереження за кожним розривом безпосередньо після його оцінки.

Ввідні про положення розривів повинні відповідати командам того, хто виконує вогневе завдання. Наступна ввідна доповідь надається керівником після виконання вогневими підрозділами попередньої команди.

Ввідні під час стрільби на ураження повинні утримувати інформацію, яка дозволяє приймати рішення на продовження або припинення вогню. Якщо під час виконання вогневого завдання присутній старший начальник (або особа, яка інспектує), то він затверджує вогневе завдання і має право через керівника стрільби давати ввідні та затверджувати оцінку.

1.1.2 Опис функціональної моделі

Структурна схема загальної функціональності програми (Usecase-діаграма) представлена у графічному матеріалі. Більш детальний опис змісту діаграми наведено у таблиці 1.1:

Таблиця 1.1 – Опис схеми структурної варіантів використання системи

Елемент	Пояснення
Студент	Користувач програми, що виконує моделювання

Продовження таблиці 1.1

Елемент	Пояснення
Виконати розрахунок траєкторії	Основна задача програми — забезпечувати розрахунок траєкторії руху снаряду за заданих умов. Попередньо необхідно визначити кут пострілу, швидкість снаряду, метеорологічні умови, коефіцієнт опору повітря та спосіб розрахунку
Визначення кута пострілу	Користувач встановлює кут, під яким знаходиться ствол під час пострілу (від 0 до 90 градусів)
Визначення початкової швидкості снаряду	Користувач встановлює початкову швидкість снаряду (способи її знаходження знаходяться поза рамками даної роботи, але можна згадати, що вона пов'язана з типом зброї, типом снаряду та деякими іншими характеристиками)
Визначення метеоумов	Користувач встановлює умови зовнішнього середовища: напрям і швидкість вітру, атмосферний тиск та температуру повітря; за бажання можна уточнити рівень гравітації
Визначення коефіцієнту опору повітря	Користувач встановлює коефіцієнт опору повітря руху снаряду, відповідно до способу моделювання і типу снаряду
Визначення способу розрахунку	Користувач обирає, за яким алгоритмом буде виконуватися розрахунок
Збереження даних	Користувач може зберігати як вхідні, так і вихідні дані програми у сховище даних
Перегляд збережених даних	Користувач може використовувати раніше збережені пакети вхідних даних, а також переглядати результати попередніх запусків, якщо вони збережені в системі

Наведемо перелік ключових вимог до системи з уточненням їхніх пріоритетів:

Функціональні вимоги:

- відслідковування поточного стану снаряду;
- відслідковування координат снаряду;
- відслідковування швидкості снаряду;
- відслідковування куту снаряду до поверхні;
- врахування гравітаційного впливу;
- врахування опору повітря;

- врахування атмосферного тиску;
- врахування балістичного вітру;
- візуалізація руху снаряду;
- розрахунок енергії у точці падіння снаряду.

Нефункціональні вимоги:

- забезпечення коректної роботи на пристроях, обладнаних операційною системою Windows 10.

1.2 Огляд наявних аналогів

Існує велика кількість апаратного та програмного забезпечення, що використовується для потреб сучасної армії, у тому числі артилерії. Серед різноманіття таких засобів можна виділити прилади і програмні продукти, що використовуються для управління вогнем (засоби акустичної розвідки, далекоміри, навігаційні та метеорологічні системи, а також програми для спрощення розрахунків), засоби захищеного обміну інформацією, а також програмне забезпечення для тренування особового складу (якому і присвячена дана робота).

Наведемо короткий опис деяких різновидів **апаратного забезпечення**.

Далекоміри використовуються для визначення відстані до цілі. У військових цілях широко використовуються лазерні далекоміри — імпульсні (випускають по цілі потужний лазерний імпульс і визначають відстань за часом відбиття), фазові (випускають світловий імпульс змінної фази, визначають відстань за фазою відбиття) та фазово-імпульсні — а також пасивні (оптичні, інфрачервоні та інші).

Засоби акустичної розвідки використовуються, аби за звуком пострілу або розриву снаряду визначити приблизні координати пострілу або місця попадання, таким чином, значно зменшивши квадрат оптичного спостереження. З цією метою використовуються додаткові оптично-акустичні системи розвідки, принцип роботи яких базується на особливостях затухання звуку у повітрі (у ідеальних умовах — на 6 Дб звукового тиску та 10 Дб гучності).

					ДП ІС-5101.1181-с.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		13

Серед програмних засобів, що забезпечують захищений захист інформації та спрощення розрахунків, можна виділити систему управління тактичної ланки “Кропива”^[7] від українських розробників, що працює на базі операційної системи Android. Згідно інформації на сайті розробника, система забезпечує доступ до електронної карти місцевості з відображенням власної позиції, обмін даними (в загальному випадку – позиції союзних підрозділів, координати виявлених цілей та короткі текстові повідомлення), рішення деяких типових розрахункових завдань (наприклад, розрахунок маршруту, зони вогневого ураження та артилерійських поправок), а також забезпечує передачу даних із засобів розвідки у автоматичному режимі.

Також створено велику кількість програм, що виконують розрахунок кута стрільби за заданими параметрами зброї та зовнішнього середовища (так звані балістичні калькулятори).

Серед них можна виділити такі програмні засоби, як балістичний калькулятор “Стрілець”^[3] (існують також версії “Стрілець+” та Strelok Pro) і балістичний калькулятор Ігора Борисова^[4]. Хоча варто зазначити, що дані системи призначені більшою мірою для мисливців.

Принцип побудови першої з перелічених програм базується на роботі Modern Practical Ballistic за авторством Arthur Pejza. За ствердженням розробників, алгоритм, що використаний у програмі, дає помилку не більш ніж на 2%, при цьому має відносно невелику складність. В комплекті із програмою постачаються три калькулятори коефіцієнту опору повітря, два з яких враховують лише масу, діаметр та тип кінчика кулі, і дають дуже приблизний результат, а третій враховує практично всі виміри кулі, а також початкову швидкість і особливості каналу ствола, і дає, за ствердженням розробників, достатньо точний результат.

У версії “Стрілець+” також наявна можливість використовувати камеру та зовнішні пристрої мобільного пристрою, а Strelok Pro крім цієї має ще ряд

					ДП ІС-5101.1181-с.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		14

додаткових можливостей. Крім того, програми підтримують різні набори прицільних сіток.

Особливість другої програми в тому, що вона дає можливість уточнювати та редагувати драг-функцію у відповідності до конкретної зброї та боєприпасів конкретного виробника великою кількістю способів, що, за ствердженням розробника, дозволяє значно збільшити точність на граничній дальності. Суттєвим недоліком програми є те, що вона знаходиться у стані відкритого бета-тестування і може працювати недостатньо точно.

Найбільш відомою системою симуляції бойової обстановки для тренування особистого складу є **Virtual Battlespace**^[6] від компанії Bohemia Interactive. Дана система є стандартом у даній області і широко використовується у арміях стран НАТО. За ствердженнями розробників, даний програмний продукт забезпечує взаємодію між курсантами, містить більше 14 тисяч моделей солдат, військової техніки та спорядження, об'єктів середовища та інших, дає можливості для розробки місій та перегляду детальних результатів проходження. Однак до даної системи існує також і ряд претензій, що включають зокрема і не надто якісно реалізовану модель фізичних процесів. Зокрема, при моделюванні пострілу враховується лише квадратична складова опору повітря, а також використовується доволі нестандартний коефіцієнт форми снаряду.

В якості прикладів, можна навести порівняння кута, необхідного для пострілу на задану відстань, у Virtual Battlespace та в реальному житті, для снарядів БМ9, БК12 та ОФ19 (дані про рух снарядів у реальному житті отримані з таблиць стрільби; дані про рух снарядів у Virtual Battlespace отримані безпосередньо з програми автором роботи, коефіцієнт опору підібраний вручну):

					ДП ІС-5101.1181-с.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		15

Порівняння кута, необхідного для пострілу на задану відстань, у Virtual Battlespace та в реальному житті для снаряду БМ9 наведено на рисунку 1.3.

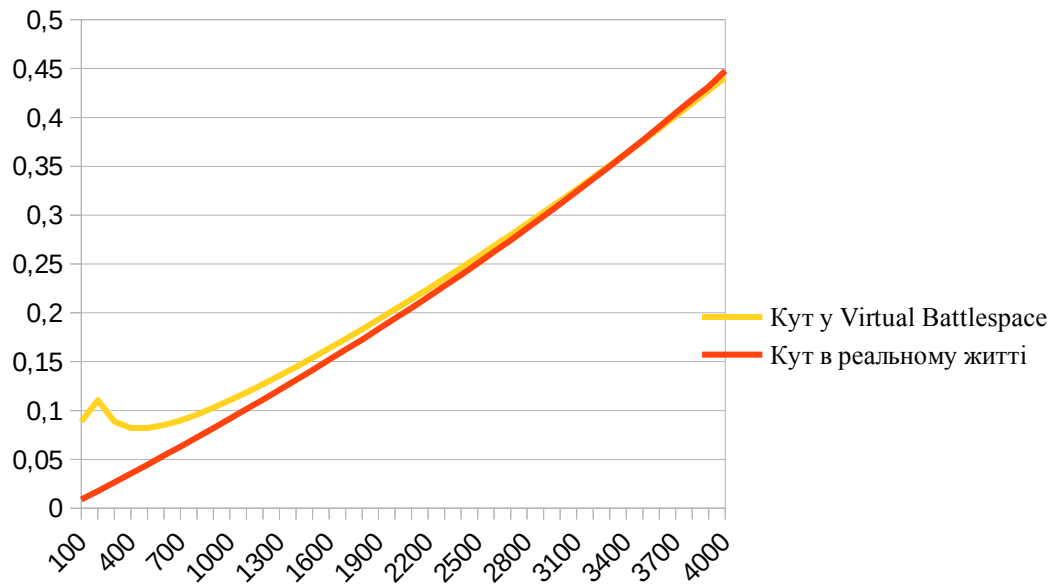


Рисунок 1.3 Порівняння кутів підйому гармати для влучання на задану відстань у реальному житті і в Virtual Battlespace для снаряду БМ9

Порівняння кута, необхідного для пострілу на задану відстань, у Virtual Battlespace та в реальному житті для снаряду БК12 наведено на рисунку 1.4.

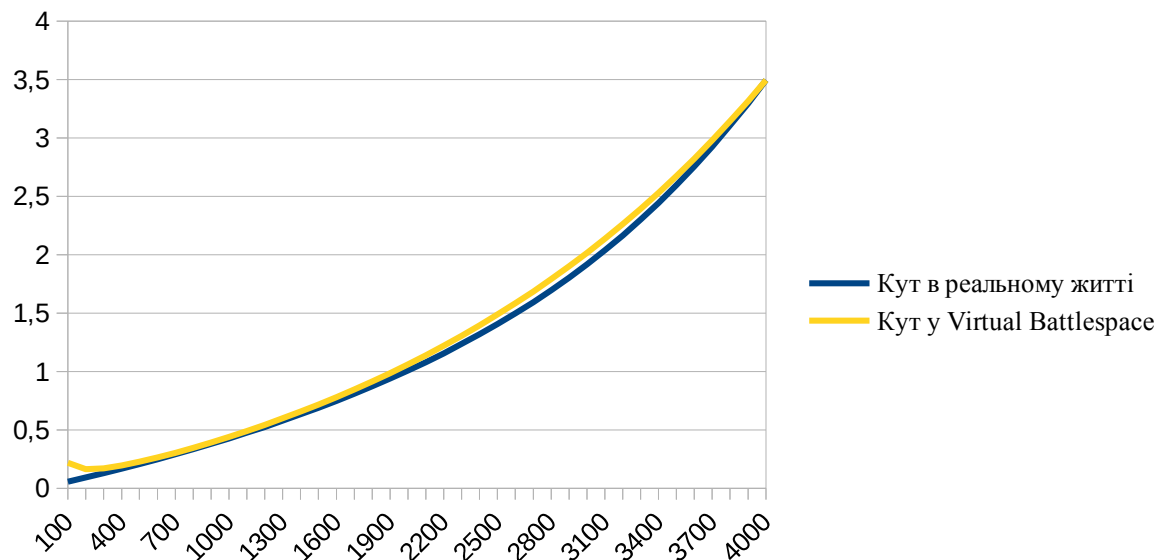


Рисунок 1.4 Порівняння кутів підйому гармати для влучання на задану відстань у реальному житті і в Virtual Battlespace для снаряду БК12

Порівняння кута, необхідного для пострілу на задану відстань, у Virtual Battlespace та в реальному житті для снаряду БК12 наведено на рисунку 1.4.

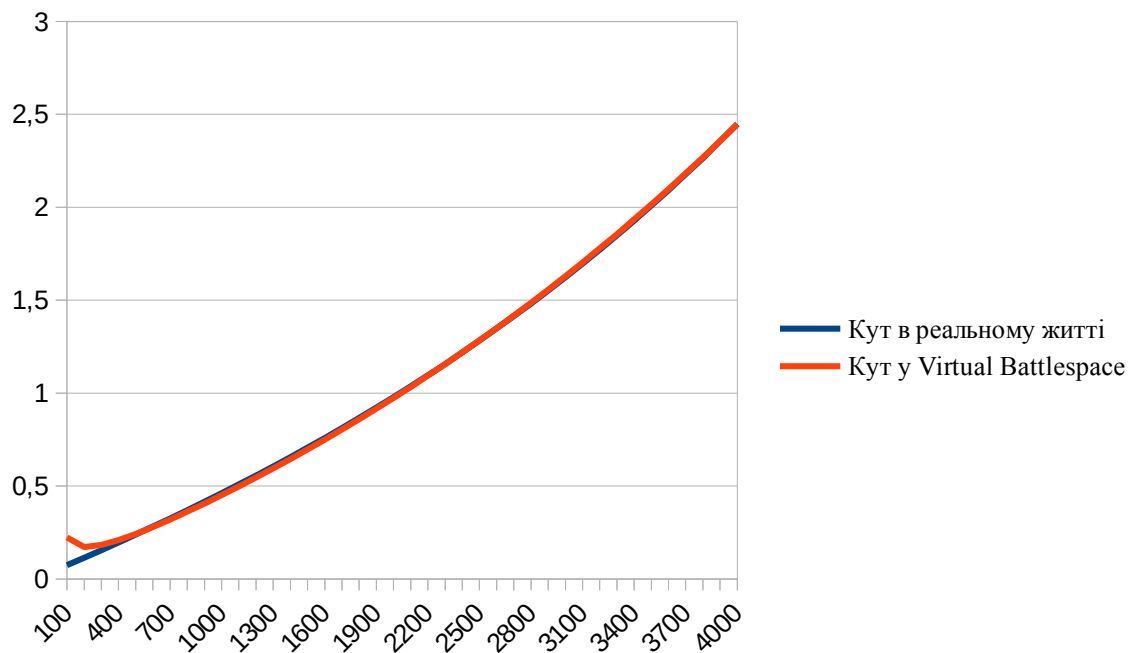


Рисунок 1.5 Порівняння кутів підйому гармати для влучання на задану відстань у реальному житті і в Virtual Battlespace для снаряду ОФ19

Як можна побачити, відхилення найбільш виражене на малих відстанях.

У галузі симуляції складних технічних об'єктів, в тому числі і військового призначення, одним з найвідоміших продуктів є **Vortex Studio**^[5] від CmLabs. Дана система, за ствердженням розробників, дозволяє легко побудувати модель будь-якого наземного або морського транспортного засобу (моделювання польоту, у тому числі і балістичного руху, на жаль, не підтримується), достатньо точну для навчання операторів транспортного засобу і навіть на певних етапах розробки реальних транспортних засобів. Основним призначенням системи є симулятори будівництва. однак в тому числі система може бути використана в якості симулятора водіння військової техніки.

На базі цих двох програмних засобів, а також інструментів Unity Engin^[10] і авторського компонентно-орієнтованого фреймворку CrewSim українськими розробниками з підприємства “Конструкторське бюро “Логіка””^[7] розроблено лінійку тренажерів для відпрацювання бойового завдання на різноманітних бойових машинах, що поєднують реалістичну фізичну модель керування транспортним засобом та симуляцію бойової обстановки. Однак наразі використовується модель балістичного руху, взята із Virtual Battlespace.

1.3 Постановка задачі

1.3.1 Призначення розробки

Призначенням розроблюваної системи є імітація руху артилерійського снаряду з урахуванням таких параметрів, як:

- початкова швидкість;
- кут пострілу;
- сила тяжіння;
- коефіцієнт опору повітря;
- атмосферний тиск;
- температура повітря.

1.3.2 Цілі та задачі розробки

Метою створення системи є підвищення якості початкової підготовки особового складу, зменшення розходів боєприпасів та ризиків, пов'язаних з пошкодженням техніки, під час підготовки.

Для реалізації поставлених цілей, система має виконувати такі задачі:

- розрахунок положення снаряду в часі;
- візуалізація руху снаряду;
- надання користувачу зручного інтерфейсу для користування системою.

Висновок до розділу

В цьому розділі наводиться опис предметного середовища, для використання в рамках якого призначений програмний продукт і процесу діяльності, в якому він буде задіяний (діяльність артилерійських підрозділів під час навчань), виконано огляд наявних аналогів, сформульовано призначення програмного засобу, цілі його створення та задачі, що мають бути виконані для досягнення цих цілей.

					ДП ІС-5101.1181-с.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		19

2 ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

2.1 Вхідні дані

Перелік вхідних даних:

На вхід програми подаються дані про користувача, а також дані, що описують модельовану ситуацію, зокрема, дані про стан навколишнього середовища, дані про рельєф поверхні, дані про снаряд, яким виконується постріл, початкові дані про постріл.

До даних про користувача належать:

- ім'я користувача;
- пароль.

До даних про стан навколишнього середовища належать:

- напрям вітру (азимут у градусах, від 0 до 360), число з плаваючою комою;
- швидкість вітру (м/с), число з плаваючою комою;
- атмосферний тиск (мм.рт.ст.), число з плаваючою комою;
- температура повітря (°C), число з плаваючою комою;
- прискорення сили тяжіння (м/с^2), число з плаваючою комою, за замовченням 9,80665 м/с^2 .

До даних про снаряд належать:

- коефіцієнти опору повітря для обраної моделі розрахунку траєкторії: за методом Ейлера, за методом Сіачі або розв'язок системи диференціальних рівнянь першого роду за методом Адамса-Штермера (для розв'язання задачі методом без урахування опору повітря, коефіцієнт опору повітря не враховується), число з плаваючою комою;
- маса (число з плаваючою комою; якщо масу не вказано, робота програми можлива, але не будуть отримані деякі вихідні дані, зокрема, енергія зіткнення снаряду з поверхнею).

До початкових даних про постріл належать:

- початкова швидкість снаряду (м/с), число з плаваючою комою;

					ДП ІС-5101.1181-с.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		20

- кут пострілу (градусів), число з плаваючою комою, $\leq 90^\circ$;
- спосіб розрахунку; метод без урахування опору повітря можна використовувати лише при початковій швидкості до 36 м/с; метод Ейлера можна використовувати лише при початковій швидкості до 200 м/с чи більше 1500 м/с; метод Сіачі можна використовувати лише при куті пострілу до *скільки там* градусів; для розв'язку системи диференціальних рівнянь першого ступеню за методом Адамса-Штермера обмеження не накладаються.

Дані вводяться через екранні форми перед виконанням симуляції або беруться із системи зберігання даних (див. Пункт 2.4).

2.2 Вихідні дані

На вихід програма подає дані про проходження симуляції, зокрема:

- положення снаряду у просторі-часі: координати (тривимірний вектор на кожен крок симуляції), кут нахилу траєкторії до поверхні (число з плаваючою комою, на кожен крок симуляції);
- швидкість снаряду в часі (число з плаваючою комою, на кожен крок симуляції);

а також дані про результати симуляції, зокрема:

- координати зіткнення із поверхнею (тривимірний вектор, або інформація про те, що снаряд вилетів за межі області моделювання);
- загальний час польоту снаряду (секунд, число з плаваючою комою);
- пройдена відстань (метрів, число з плаваючою комою);
- кут зіткнення із поверхнею (градусів від напрямку на північ, число з плаваючою комою);
- швидкість при зіткненні з поверхнею (м/с, число з плаваючою комою);
- енергія удару з поверхнею (Дж, число з плаваючою комою, не буде повернено, якщо не відома маса снаряду).

					ДП ІС-5101.1181-с.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		21

Вихідні дані виводяться на екран під час та після моделювання. Також, вихідні дані про результати симуляції за бажанням користувача можуть бути записані до файлу Result.csv (див. Пункт 2.4).

2.3 Визначення структури масивів інформації

Вхідні та вихідні дані програми зберігаються у файлах формату CSV^[14], що логічно пов'язані системою власних і зовнішніх ключів (система імітує структуру релятивної бази даних). Вибір саме такого способу зберігання даних пов'язаний з вибраним програмним забезпеченням (див. Пункт 4): використання Unity Framework викликає достатньо не очевидні проблеми при встановленні зв'язку із зовнішньою базою даних (при зберіганні даних у текстових файлах, таких проблем не виникає), тому за невеликих об'ємів даних і їх відносно нескладної структури рекомендується уникати використання баз даних.

Вхідні дані програми зберігаються у таких файлах як: User.csv, InitData.csv, NatureData.csv, AmmoData.csv.

Файл User.csv містить інформацію про зареєстрованих у системі користувачів. Структура рядка файлу User.csv: “ID|ім'я користувача|пароль”.

Файл InitData.csv містить інформацію про початкові умови пострілу. Структура рядка файлу InitData.csv “ID|назва семплу|початкова швидкість снаряду|кут вильоту снаряду”.

Файл NatureData.csv містить інформацію про стан зовнішнього середовища на момент моделювання. Структура рядка файлу NatureData.csv: “ID|назва семплу|рівень гравітації|напрямок вітру|швидкість вітру|температура повітря|атмосферний тиск”.

Файл AmmoData.csv містить інформацію про коефіцієнти опору повітря для різних методів розрахунку траєкторії. Структура рядка файлу AmmoData.csv: “ID|коефіцієнт опору повітря за методом Ейлера|коефіцієнт опору повітря за методом Сіачі|коефіцієнт опору повітря при розв'язанні системи диференціальних рівнянь за методом Адамса-Штермера”.

					ДП ІС-5101.1181-с.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Вихідні дані програми зберігаються у файлі Result.csv. Цей файл містить інформацію про результати моделювання. Структура рядка файлу Result.csv “ID|UserID|InitDataID|NatureDataID|AmmoDataID|Код методу розрахунку|координати влучання.x|координати влучання.y|координати влучання.z|пройдена відстань|максимальна висота польоту снаряду|загальний час моделювання|кут зіткнення з поверхнею|швидкість снаряду при зіткненні з поверхнею|енергія зіткнення з поверхнею”.

Висновок до розділу

В цьому розділі наводиться опис структур даних, якими оперує система, висвітлюються ключові питання щодо їхнього отримання, зберігання та обробки в системі.

					ДП ІС-5101.1181-с.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3 МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Описані розрахунки засновані на матеріалах підручника професора Я.М. Шапіро “Зовнішня балістика”^[8].

3.1 Змістовна постановка задачі

Промодельовати рух снаряду, що пущений із заданою початковою швидкістю і кутом.

3.2 Математична постановка задачі

Основна задача внутрішньої балістики:

Приймемо такі допущення:

- вісь снаряду співпадає із дотичною до траєкторії його руху, сила опору повітря спрямована проти напрямку руху;
- не враховуємо кривизну поверхні Землі та її рух;
- приймемо прискорення вільного падіння як константу;
- метеорологічні умови нормальні.

Тоді у векторній формі рівняння руху центра мас снаряду матиме вигляд

$$\frac{q}{g} \ddot{\vec{j}} = \vec{R} + \vec{q}, \quad (3.1)$$

де $\ddot{\vec{j}}$ - прискорення центру мас снаряду, або ж

$$\ddot{\vec{j}} = \frac{g}{q} \vec{R} + \vec{g}, \quad (3.2)$$

$$\ddot{\vec{j}} = \vec{J} + \vec{g}, \quad (3.3)$$

де $J = \frac{g}{q} R = c H(y) F(v)$ - прискорення сили опору повітря

У проекції на осі координат,

$$\left. \begin{aligned} \ddot{x} &= -c H(y) F(v) \cos \theta \\ \ddot{y} &= -c H(y) F(v) \sin \theta - g \end{aligned} \right\} \quad (3.4)$$

Враховуючи, що $\cos \theta = \frac{x}{v}$, $\sin \theta = \frac{y}{v}$, $\frac{F(v)}{v} = G(v)$, отримаємо остаточно

$$\left. \begin{aligned} \ddot{x} &= -cH(y)G(v)\dot{x} \\ \ddot{y} &= -cH(y)G(v)\dot{y} - g \\ v &= \sqrt{(\dot{x})^2 + (\dot{y})^2} \end{aligned} \right\} \quad (3.5)$$

Перетворимо систему двох диференціальних рівнянь другого порядку, на систему чотирьох рівнянь першого порядку:

$$\left. \begin{aligned} \dot{u} &= -cH(y)G(v)u \\ \dot{w} &= -cH(y)G(v)w - g \\ \dot{x} &= u \\ \dot{y} &= w \end{aligned} \right\} \quad (3.6)$$

де $v = \sqrt{u^2 + w^2}$

Підставивши у перші два рівняння в системі $w = v \sin \theta$. Отримаємо

$$\frac{d}{dt}(v \cos \theta) = -cH(y)G(v)v \cos \theta, \quad (3.7)$$

$$\frac{d}{dt}(v \sin \theta) = -cH(y)G(v)v \sin \theta - g, \quad (3.8)$$

або

$$\cos \theta \frac{dv}{dt} - v \sin \theta \frac{d\theta}{dt} = -cH(y)G(v)v \cos \theta, \quad (3.9)$$

$$\sin \theta \frac{dv}{dt} = -cH(y)G(v)v \sin \theta - g. \quad (3.10)$$

Якщо помножити перше рівняння на $\sin \theta$, а друге – на $\cos \theta$, і відняти перше рівняння від другого, маємо

$$\frac{du}{d\theta} = \frac{du}{dt} \frac{dt}{d\theta} = cH(y)u \frac{v}{g \cos \theta}. \quad (3.11)$$

Замінімо $\frac{u}{\cos \theta} = v$ і $G(v)v = F(v)$, звідки маємо:

$$\left. \begin{aligned} \frac{du}{d\theta} &= \frac{c}{g} H(y) v F(v) \\ \frac{dx}{d\theta} &= \frac{dx}{dt} \frac{dt}{d\theta} = \frac{-uv}{g \cos \theta} = \frac{-u^2}{g \cos^2 \theta} \\ \frac{dy}{d\theta} &= \frac{dy}{dx} \frac{dx}{d\theta} = \operatorname{tg} \theta \left(\frac{-u^2}{g \cos^2 \theta} \right) = \frac{-u^2 \operatorname{tg} \theta}{g \cos^2 \theta} \end{aligned} \right\} \quad (3.12)$$

Остаточно система з аргументом θ матиме вигляд

$$\left. \begin{aligned} \frac{du}{d\theta} &= \frac{c}{g} H(y) v F(v) \\ \frac{dt}{d\theta} &= \frac{-u}{g \cos^2 \theta} \\ \frac{dx}{d\theta} &= \frac{-u^2}{g \cos^2 \theta} \\ \frac{dy}{d\theta} &= \frac{u^2 \operatorname{tg} \theta}{g \cos^2 \theta} \end{aligned} \right\} \quad (3.12)$$

де $v = \frac{u}{\cos \theta}$.

У цій системі сукупними є лише перше та четверте рівняння, а якщо знехтувати зміною щільності повітря з висотою і прийняти $H(y) = H(y_{\text{сер}})$ та включити його у балістичний коефіцієнт, маємо перше рівняння у вигляді

$$\frac{du}{d\theta} = \frac{c}{g} v F(v) \quad (3.14)$$

$$\frac{du}{d\theta} = \frac{c}{g} \frac{u}{\cos \theta} F\left(\frac{u}{\cos \theta}\right) \quad (3.15)$$

Таким чином, це рівняння містить лише одну шукану функцію, і його можна інтегрувати окремо, після чого розв'язок решит рівнянь зводиться до пошуку певних інтегралів. Дане рівняння зветься рівнянням Годграфа, бо його розв'язком є рівняння Годографа швидкості у полярних координатах.

3.3 Обґрунтування методу розв'язання

Серед багатьох відомих на сьогодні способів розв'язання наведеної задачі, можна виділити такі способи, як розрахунок без урахування опору повітря, метод Ейлера, Метод Сіачі та прямий розв'язок системи лінійних рівнянь (зокрема за методом Адамса-Штернера). Хоча перші два способи мають суттєві обмеження за сферою використання (перший можна використовувати лише для об'єктів, що рухаються зі швидкістю до 36 м/с – на практиці його можна використовувати для моделювання руху об'єкта, що кинутий рукою, – для другого коефіцієнт опору повітря залежить від швидкості, і найчастіше його не використовують для швидкостей більше 200 м/с), вони є достатньо красивими і лаконічними з математичної точки зору, тож розглянемо саме їх.

3.4 Опис методів розв'язання

Спосіб 1, без опору повітря. Можна використовувати для об'єктів з початковою швидкістю до 36 м/с.

$$\left. \begin{aligned} x &= v_0 \cos \theta t \\ y &= v_0 \sin \theta_0 t - \frac{gt^2}{2} \end{aligned} \right\} \quad (3.16)$$

$$v = \sqrt{v_0^2 - 2gy} \quad (3.17)$$

$$X = \frac{v_0^2 \sin 2\theta_0}{g} \quad (3.18)$$

$$T = \frac{2 v_0 \sin \theta_0}{g} \quad (3.19)$$

$$Y = \frac{u_0^2 \sin \theta}{2g} \quad (3.20)$$

$$\operatorname{tg} \theta = \operatorname{th} \theta_0 - \frac{gx}{2v^2 \cos^2 \theta_0} \quad (3.21)$$

Вплив зовнішніх факторів для такого випадку можна вважати незначним.

Спосіб 2:

Рівняння Годграфа.

$$\frac{du}{d\theta} = \frac{c}{g} \frac{u}{\cos\theta} F\left(\frac{u}{\cos\theta}\right) \quad (3.22)$$

Існує строгий розв'язок рівняння, запропонований Ейлером, за умови $Fv = Bv^2$, де $B, n = \text{const}$. Однак B, n залежать від швидкості, і не можна виконати розрахунки для великого діапазону швидкостей. На практиці використовуються результати, отримані для швидкостей до 250 м/с і від 1500 м/с

Подамо рівняння Годграфа, як

$$\frac{du}{d\theta} = \frac{c}{g} H(y_{\text{сеп}}) v F(v) \quad (3.23)$$

Позначимо $cH(y_{\text{сеп}})B = b$

Тоді рівняння Годграфа набуває вигляду

$$\frac{du}{d\theta} = \frac{b}{g} v^3 = \frac{b}{g} \frac{u^3}{\cos^3\theta}, \quad (3.24)$$

або

$$\frac{du}{u^3} = \frac{b}{g} \frac{d\theta}{\cos^3\theta} \quad (3.25)$$

Проінтегруємо від точки вильоту до довільної точки:

$$\frac{-1}{2u^2} + \frac{1}{2u_0^2} = \frac{b}{g} \int_{\theta_0}^{\theta} \left(\frac{g\theta}{\cos^3\theta} \right) \quad (3.26)$$

Позначимо $\xi(\theta) = \int_0^{\theta} \left(d \frac{\theta}{\cos^2} \theta \right) = \frac{1}{2} \left[\sin \frac{\theta}{\cos^2} + \ln \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\theta}{2} \right) \right]$, отримаємо:

$$\frac{1}{u^2} = \frac{1}{u_0^2} - 2 \frac{b}{g} [\xi(\theta) - \xi(\theta_0)] = 2 \frac{b}{g} \left[\frac{g}{2} b u_0^2 + \xi(\theta_0) - \xi(\theta) \right] \quad (3.27)$$

Позначимо $\frac{g}{2}bu_0^2 + \xi(\theta_0) = \xi(\theta_A)$, де $\theta_A = \text{const}$ залежить від початкових умов.

Звідси маємо

$$\frac{1}{u^2} = \frac{2b}{g} [\xi(\theta_A) - \xi(\theta)] \quad (3.28)$$

$$u^2 = \frac{g}{2b} \frac{1}{\xi(\theta_A) - \xi(\theta)} \quad (3.29)$$

Швидкість знаходимо, як $v = \frac{u}{\cos \theta}$, для інших характеристик:

$$dx = -\frac{u^2}{g} \frac{d\theta}{\cos^2 \theta} = -\frac{1}{2b} \frac{d\theta}{[\xi(\theta_A) - \xi(\theta)] \cos^2 \theta} \quad (3.30)$$

$$dy = -\frac{u^2}{g} \frac{\text{tg} \theta d\theta}{\cos^2 \theta} = -\frac{\text{tg} \theta}{2b} \frac{d\theta}{[\xi(\theta_A) - \xi(\theta)] \cos^2 \theta} \quad (3.31)$$

$$dt = -\frac{u}{g} \frac{d\theta}{\cos^2 \theta} = -\frac{1}{\sqrt{2bg}} \frac{d\theta}{\sqrt{\xi(\theta_A) - \xi(\theta)} \cos^2 \theta} \quad (3.32)$$

Тобто

$$x = \frac{1}{2}b \int_{\theta}^{\theta_0} \frac{d\theta}{\xi(\theta_A) - \xi(\theta)} \cos^2 \theta \quad (3.33)$$

$$y = \frac{1}{2}b \int_{\theta}^{\theta_0} \frac{\text{tg} \theta d\theta}{\xi(\theta_A) - \xi(\theta)} \cos^2 \theta \quad (3.34)$$

$$t = \frac{1}{\sqrt{2b}} \int_{\theta}^{\theta_0} \frac{d\theta}{\sqrt{\xi(\theta_A) - \xi(\theta)} \cos^2 \theta} \quad (3.35)$$

Інтеграли не беруться аналітично.

Аби уникнути пошуку квадратур, скористаємося розрахунком дуг за методом Ейлера:

Для початку, знайдемо вираз для довжини дуги. Маємо

$$\frac{ds}{d\theta} = \frac{ds}{dt} \frac{dt}{d\theta} = v \left(\frac{-v}{g \cos \theta} \right) = -\frac{u^2}{g \cos^2 \theta} \quad (3.36)$$

Згідно з рівнянням (3.25), $\frac{d\theta}{\cos^2\theta} = \frac{gdu}{bu^3}$, тобто $ds = \frac{-u^2}{g} \frac{d\theta}{\cos^2\theta} = -\frac{1}{b} \frac{du}{u}$.

Інтегруємо на проміжку від 0 до довільної точки траєкторії:

$$s = \frac{-1}{b} \ln \frac{u}{u_0} = \frac{1}{b} \ln \frac{u_0}{u} = \frac{1}{2b} \ln \left(\frac{u_0}{u} \right)^2 \quad (3.37)$$

Або, на основі рівняння (3.28)

$$s = \frac{1}{2b} \ln \left[\frac{2bu_0^2}{g} [\xi(\theta_A) - \xi(\theta)] \right] \quad (3.38)$$

Виразимо решту елементів траєкторії через довжину кривої:

$$dx = \cos\theta ds, \quad (3.39)$$

$$dy = \sin\theta ds, \quad (3.40)$$

$$dt = \frac{ds}{v}. \quad (3.41)$$

Розіб'ємо дугу так, аби в кожному інтервалі зміна швидкості та кута була мінімальна.

Тоді для участку дуги, обмеженого деякими k і $k+1$,

$$\int_{x_k}^{x_{k+1}} dx = \int_{s_k}^{s_{k+1}} \cos\theta ds, \quad (3.42)$$

$$\int_{y_k}^{y_{k+1}} dy = \int_{s_k}^{s_{k+1}} \sin\theta ds, \quad (3.43)$$

$$\int_{t_k}^{t_{k+1}} dt = \int_{s_k}^{s_{k+1}} \frac{ds}{v}. \quad (3.44)$$

Прийmemo $\cos \theta, \sin \theta, \frac{1}{v}$ як середні значення, звідки маємо:

$$\Delta x_k = (\cos \theta_{cep})_k \Delta s_k, \quad (3.45)$$

$$\Delta y_k = (\sin \theta_{cep})_k \Delta s_k, \quad (3.46)$$

$$\Delta t_k = \left(\frac{1}{v_{cep}} \right)_k \Delta s_k. \quad (3.47)$$

					ДП ІС-5101.1181-с.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		31

4. ПРОГРАМНЕ ТА ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1 Засоби розробки

При розробці програмного забезпечення використані такі методи:

- об'єктно-орієнтоване програмування мовою С#^[13];
- візуальний дизайн;
- розробка сховища даних у вигляді системи CSV-файлів^[14].

Для об'єктно-орієнтованого програмування (розробки скриптів Unity, а також побудови зв'язку між системою моделювання, інтерфейсом користувача та базою даних) використано мову програмування С# і середовище розробки Visual Studio 2017 Community, а також Unity.

Visual Studio 2017 Community^[9] - інтегроване середовище розробки, що підтримує ряд технологій і мов програмування, у тому числі мову програмування С# і технологію Unity. Цей засіб забезпечує текстовий редактор із перевіркою синтаксису, компілятор, засоби налагоджування та тестування, зручний інтерфейс для підключення зовнішніх компонентів, а також велику кількість бібліотек та фреймворків.

Community версію засобу обрано з тієї причини, що вона є безкоштовною.

Для візуального дизайну інтерфейсу користувача використано засіб Unity Editor, а також редактор растрових зображень GIMP.

Unity^[10] – платформа для розробки 3D-контенту в реальному часі.

GIMP^[11] - це open source редактор растрових зображень, що забезпечує всі основні функції для роботи з растровими зображеннями і підтримує велику кількість форматів. Програма позиціонується розробниками як безкоштовний аналог Adobe Photoshop.

Для роботи з CSV-файлами обрано бібліотеку File Helpers^[12]. За ствердженнями розробника, дана бібліотека забезпечує зручний інтерфейс для читання та запису CSV-файлів (як з роздільниками, так і з фіксованою

довжиною рядка; у даній роботі використані файли з роздільником: див. Розділ 2.4), а також дозволяє виконувати запис даних з CSV-файлів до найбільш популярних баз даних. Серед переваг даного програмного засобу розробники виділяють: зручність у використанні; наявність автоконвертера; підтримку подійно-орієнтованої розробки; високу швидкість роботи, що досягнута за допомогою використання динамічного генерування коду замість рефлексії); підтримку великої кількості фреймворків; можливість налаштування виведення інформації про помилки; наявність функціоналу для сортування великих файлів; наявність функціоналу для конвертування файлу з одного формату в інший; можливість виконувати порівняння файлів; можливість обробки даних ієрархічної структури; підтримка роботи з Nullable-структурами; відкритий вихідний код; можливість автоматичного визначення класу запису.

4.2 Вимоги до технічного забезпечення

До складу технічного комплексу входить персональний комп'ютер зі встановленою операційною системою Windows 10 і необхідними драйверами приладів, а також стандартного набору периферії, зокрема, пам'ять (магнітний диск або флеш-накопичувач), монітор, а також стандартний набір маніпуляторів (оптична чи сенсорна миша, а також стандартна клавіатура).

Для розгортання програмного комплексу необхідний персональний комп'ютер та операційна система Windows 10. Взаємодія із програмою відбувається за допомогою клавіатури та миші (оптичної чи сенсорної).

4.3 Архітектура програмного забезпечення

4.3.2 Діаграма класів

Структурна схема класів проекту представлена у графічному матеріалі. (зв'язки типу залежності опущені для більшої читабельності). Детальний опис компонентів діаграми наведений у таблиці 4.1.

					ДП ІС-5101.1181-с.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		33

Таблиця 4.1 Пояснення до діаграми класів

Назва сутності	Пояснення
IVelocity	Інтерфейс, що описує методи доступу до векторної швидкості.
AbstractMethod	Абстрактний клас для методів розрахунку траєкторії. Передбачає: початок розрахунку за подією; розрахунок параметрів пострілу на кожне оновлення стану в Unity; генерування події на кожне оновлення стану Unity; відслідковування модельного часу; зупинка розрахунку за подією; контроль вихідних даних; створення події при зупинці розрахунку. <i>Наслідується від класу VectorDataActionSender</i>
BlankActionSender	Базовий клас для класів, що створюють подію із порожнім списком аргументів
FireDataActionSender	Базовий клас для класів, що створюють подію, аргументами якої є дані про постріл
UserDataActionSender	Базовий клас для класів, що створюють подію, аргументом якої є інформація про користувача
VectorDataActionSender	Базовий клас для класів, що створюють подію, аргументом якої є двовимірний вектор
FloatActionSender	Базовий клас для класів, що створюють подію, аргументом якої є число з плаваючою комою
AirFriction	Клас, що зберігає інформацію про снаряд (коефіцієнт опору повітря для різних методів розрахунку і масу).
AmmoData	Клас, що зберігає інформацію про початкові дані пострілу
CalculationMethodData	Клас, що зберігає інформацію про спосіб розрахунку
NatureData	Клас, що зберігає інформацію про стан навколишнього середовища під час моделювання
ResultData	Клас, що зберігає інформацію про кінцеві дані моделювання
UserData	Клас, що зберігає інформацію про користувача
AirFrictionTable	Клас, що відображає рядок csv файлу, в якому зберігається інформація про характеристики снарядів.

Продовження таблиці 4.1

Назва сутності	Пояснення
InitDataTable	Клас, що відображає рядок csv файлу, в якому зберігається інформація про початкові дані пострілу.
NatureDataTable	Клас, що відображає рядок csv файлу, в якому зберігається інформація про погодні умови.
ResultDataTable	Клас, що відображає рядок csv файлу, в якому зберігається інформація про кінцеві дані симуляції
UserTable	Клас, що відображає рядок csv файлу, в якому зберігається інформація про зареєстрованих користувачів.
AirFrictionControl	Клас, що забезпечує читання та збереження записів у файл, структуру якого відображає клас AirFrictionTable
InitDataControl	Клас, що забезпечує читання та збереження записів у файл, структуру якого відображає клас InitDataTable
NatureDataControl	Клас, що забезпечує читання та збереження записів у файл, структуру якого відображає клас NatureDataTable
ResultDataControl	Клас, що забезпечує збереження записів у файл, структуру якого відображає клас ResultDataTable
UserControl	Клас, що забезпечує читання записів з файлу, структуру якого відображає клас UserTable
OptionWithMetadata	Похідний клас від Dropdown.OptionData (UnityEngine.UI). Відрізняється тим, що крім стандартних даних з OptionData, може зберігати деяке ціле число.
SampleIdentifier	Клас, що містить інформацію про семпл (попередньо збережений зразок вхідних даних): його назву та ключ у csv файлі
TwoSideConnector	Скрипт, що генерує подію з аргументами у вигляді числа з плаваючою точкою кожен раз, коли один з скриптів, що до нього підключений, генерує подію з аргументами у вигляді числа з плаваючою точкою <i>Наслідується від класу FloatActionSender</i>

Продовження таблиці 4.1

Назва сутності	Пояснення
Velocity2	Клас, що відображає векторну швидкість у двовимірному просторі
MyMath	Статичний клас, що забезпечує деякі нестандартні математичні дії (зокрема, пошук вільних ключів)
Meta	Клас, що зберігає метадані сесії (дані про авторизованого користувача)
AirFrictionFromBase	Скрипт, що забезпечує читання збережених семплів снаряду з csv файлу і збереження у файл семплів, що введені з екрану
InitDataFromBase	Скрипт, що забезпечує читання збережених семплів початкових даних про постріл з csv файлу і збереження у файл семплів, що введені з екрану
NatureDataFromBase	Скрипт, що забезпечує читання збережених семплів погодніх умов з csv файлу і збереження у файл семплів, що введені з екрану
ResutDataFromBase	Скрипт, що забезпечує збереження до csv файлу кінцевих результатів моделювання
AirFrictionDataCollector	Скрипт, що збирає та зберігає дані про снаряд
CollectAuthorizationData	Скрипт, що збирає та зберігає дані, що були введені при авторизації <i>Наслідується від класу UserDataActionSender</i>
InitStateDataCollector	Скрипт, що збирає та зберігає дані про початкові дані пострілу
NatureDataCollector	Скрипт, що збирає та зберігає дані про погодні умови
Authorization	Скрипт, що забезпечує авторизацію користувача в системі (за подією натискання кнопки, шукає введені дані у csv файлі, у випадку, якщо дані знайдені, зберігає інформацію про користувача і надає доступ до системи)
CalculationMethodControl	Скрипт, що контролює можливість використання обраного методу розрахунку до введених вхідних даних.
DataCollector	Скрипт, що збирає та зберігає усі дані, необхідні для моделювання, і генерує подію початку моделювання

Продовження таблиці 4.1

Назва сутності	Пояснення
FinalResultOutput	Скрипт, що забезпечує виведення кінцевих результатів моделювання у екранну форму
ManageInputPannel	Скрипт, що забезпечує вибір потрібної екранної форми при натисканні кнопки на панелі введення вхідних даних
NumberInputScript	Скрипт, що забезпечує контроль за даними, введеними в поля InputField, коли вони повинні бути числовими. Забезпечує можливість обмежити діапазон введених даних, а також може встановлювати дані з зовнішнього джерела до поля InputField за подією. <i>Наслідується від класу FloatActionSender</i>
SliderInputConnector	Скрипт, що забезпечує контроль за введенням даних через елемент Slider, а також генерує подію при зміні положення слайдеру. <i>Наслідується від класу FloatActionSender</i>
SwapUIPhases	Скрипт, що контролює поточний етап роботи (введення вхідних даних, або хід моделювання, або відображення кінцевих результатів моделювання)
SwapCamera	Скрипт, що забезпечує перемикання виду камери залежно від етапу роботи (вид на гармату під час вибору параметрів, вид згори під час моделювання)
AmmoCollideChack	Скрипт, що контролює, чи не відбулося зіткнення з поверхнею (зіткненням вважається момент, коли снаряд переходить рівень поверхні). <i>Наслідується від класу BlankActionSender</i>
GunRotation	Скрипт, що призначений для візуалізації кута підйому гармати
MoveAmmo	Скрипт, що забезпечує рух об'єкту, що імітує снаряд <i>Наслідується від класу BlankActionSender</i>
AdamShternMethod	Клас, що реалізує розрахунок траєкторії за методом Адамса-Штерна. <i>Наслідується від класу AbstractMethod</i>

Продовження таблиці 4.1

Назва сутності	Пояснення
EilerMethod	Клас, що реалізує розрахунок траєкторії за методом Ейлера <i>Наслідується від класу AbstractMethod</i>
NoFrictionMethod	Клас, що реалізує розрахунок траєкторії за методом “без опору повітря” <i>Наслідується від класу AbstractMethod</i>
SiachiMethod	Клас, що реалізує розрахунок траєкторії за методом Сіачі <i>Наслідується від класу AbstractMethod</i>
NumberInputEditor	Скрипт Unity Editor’а, що забезпечує більш зручне використання скрипта NumberInputScript.
CalculationMethods	Перерахування, що відображає список методів розрахунку траєкторії

4.3.2 Діаграма послідовності

Структурна схема послідовностей взаємодії у проекті представлена у графічному матеріалі.

На діаграмі зображено загальну схему взаємодії користувача із системою (у складі блоку авторизації, основної частини та сховища даних, сутність і структура якого описані у пункті 2).

Взаємодія користувача із блоком авторизації зводиться до введення авторизаційних даних і ініціювання події авторизації. Блок авторизації звертається до сховища даних, визначає, чи зареєстрований користувач із такими даними. Залежно від результатів пошуку, блок авторизації або відмовляє в доступі, або надає доступ до основного блоку і завершує свою роботу.

В основному блоці, користувач може ввести вхідні дані для моделювання; ініціювати події збереження вхідних даних тої чи іншої групи у сховище (система звернеться до сховища даних і виконає збереження даних у нього); ініціювати подію початку моделювання (після цього, система буде виконувати моделювання по кроках і на кожному кроці відображатиме стан

снаряду, поки снаряд не зіткнеться з поверхнею). Після завершення моделювання, система відобразить кінцеві результати моделювання. Користувач може ініціювати подію збереження результатів до сховища даних (після цього система звернеться до сховища даних і виконає збереження даних у нього).

4.3.3 Діаграма компонентів

Структурна схема компонентів проекту представлена у графічному матеріалі. Детальний опис елементів діаграми наведений у таблиці 4.2.

					ДП ІС-5101.1181-с.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 4.2 Зміст діаграми компонентів

Модуль	Компонент	Пояснення	Включені класи
UserData	UserDataUIProvide	Сукупність сутностей, що забезпечують введення інформації про користувача	UserData
	UserDataPseudoDBContext	Сукупність сутностей, що забезпечують пошук інформації про користувача у csv-файлі	\UserTable UserControl
	UserDataUIGet	Сукупність сутностей, що забезпечують перевірку інформації про користувача і відповідну реакцію програми	Autorization
InitData	InitDataPseudoDBContext	Сукупність сутностей, що забезпечують пошук та запис до csv-файлу, що зберігає інформацію про семпли початкових даних пострілу	InitDataTable InitDataControl InitDataFromBase
	InitDataUIProvide	Сукупність сутностей, що забезпечують введення даних про початкові дані пострілу	AmmoData
	InitDataUIGet	Сукупність сутностей, що забезпечують збирання та обробку даних про початкові дані пострілу	InitStateDataCollector CalculationMethodControl

Продовження таблиці 4.2

Модуль	Компонент	Пояснення	Включені класи
NatureData	NatureDataPseudoDBContext	Сукупність сутностей, що забезпечують пошук та запис до csv-файлу, що зберігає інформацію про семпли умов навколишнього середовища	NatureData
	NatureDataUIProvide	Сукупність сутностей, що забезпечують введення даних про умови навколишнього середовища	NatureDataTable NatureDataControl NatureDataFromBase
	NatureDataUIGet	Сукупність сутностей, що забезпечують збирання та обробку даних про умови навколишнього середовища	NatureDataCollector
AmmoData	AmmoDataPseudoDBContext	Сукупність сутностей, що забезпечують пошук та запис до csv-файлу, що зберігає інформацію про семпли інформації про снаряд	AirFrictionTable AirFrictionControl AirFrictionFromBase
	AmmoDataUiProvide	Сукупність сутностей, що забезпечують введення інформації про снаряд	AirFriction
	AmmoDataUIGet	Сукупність сутностей, що забезпечують збирання та обробку інформації про снаряд	AirFrictionDataCollector

ДП ІС-5101.1181-с.ПЗ

ДП ІС-5101.1181-с.ПЗ

Продовження таблиці 4.2

Модуль	Компонент	Пояснення	Включені класи
ResultData	ResultDataPseudoDBContext	Сукупність сутностей, що забезпечують запис до csv-файлу, що зберігає інформацію про результати проведених моделювань	ResultDataTable ResultDataControl ResutDataFromBase
	ResultDataProvide	Сукупність сутностей, що забезпечують виведення інформації про результати моделювання	ResultData FinalResultOutput
Calculation	CalculationProvider	Сукупність сутностей, що забезпечують проведення моделювання	AbstractMethod AdamShternMethod EilerMethod NoFrictionMethod SiachiMethod
	CalculationStartControl	Сукупність сутностей, що забезпечують збір інформації про моделювання та початок моделювання	DataCollector
	CalculationFinishControl	Сукупність сутностей, що забезпечують контроль зіткнення снаряду з поверхнею і визначають момент зупинки моделювання	AmmoCollideChack

Продовження таблиці 4.2

Модуль	Компонент	Пояснення	Включені класи
UIControl	UIInputControl	Сукупність сутностей, що забезпечують введення даних з екранних форм	ManageInputPannel NumberInputScript SliderInputConnector
	UIOutputControl	Сукупність сутностей, що забезпечують виведення даних на екран, а також візуалізацію	GunRotation MoveAmmo SwapCamera SwapUIPhases
	Metadata	Сукупність сутностей, що забезпечують збереження метаданих програми (інформації про авторизованого користувача)	Meta

ДП ІС-5101.1181-с.ПЗ

ДП ІС-5101.1181-с.ПЗ

Змн.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дат

а

43

Арк.

4.4 Опис звітів

Програма надає звіти під час моделювання і за його результатами.

Під час моделювання, на кожен крок симуляції система видає положення (координати у просторі) і швидкість снаряду.

Після завершення моделювання, система видає звіт про результати моделювання, що включає:

- координати зіткнення із поверхнею (тривимірний вектор, або інформація про те, що снаряд вилетів за межі області моделювання);
- загальний час польоту снаряду (секунд, число з плаваючою комою);
- пройдена відстань (метрів, число з плаваючою комою);
- кут зіткнення із поверхнею (градусів від напрямку на північ, число з плаваючою комою);
- швидкість при зіткненні з поверхнею (м/с, число з плаваючою комою);
- енергія удару з поверхнею (Дж, число з плаваючою комою, не буде повернено, якщо не відома маса снаряду).

Висновок до розділу

В цьому розділі розглянуто програмне та апаратне забезпечення, що використане при розробці програмного продукту; наданий опис архітектури програмного забезпечення, ілюстрований діаграмами класів, послідовності та компонентів, а також описано звіти, що надаються програмою.

5 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

5.1 Керівництво користувача

Щоб почати роботу з застосунком, необхідно пройти процедуру авторизації. Введіть ваш логін і пароль у форму, що відкриється після запуску застосунку (для тестування, використовуйте користувача *TestUser*, пароль *00000000*) і натисніть кнопку “Вхід”, як зображено на рисунку 5.1.

 A screenshot of a login interface. It has a light blue header with the text "Ім'я користувача". Below it is a text input field containing "TestUser". Underneath is a label "Пароль" and a password input field containing "00000000". At the bottom is a button labeled "Вхід".

Рисунок 5.1 Авторизація

Якщо авторизація пройшла успішно, вам буде надано доступ до системи; якщо ваш логін або пароль не знайдено, ви отримаєте повідомлення про це (рисунок 5.2).

 A screenshot of the same login interface as in Figure 5.1. The "Ім'я користувача" field contains "TestUser" and the "Пароль" field contains "0000000000000000". The "Вхід" button is visible. Below the button, a red error message is displayed: "Користувача не знайдено!".

Рисунок 5.2 Відмова в доступі

Після успішної авторизації, вам відкриється меню визначення вхідних даних (рисунок 5.3).

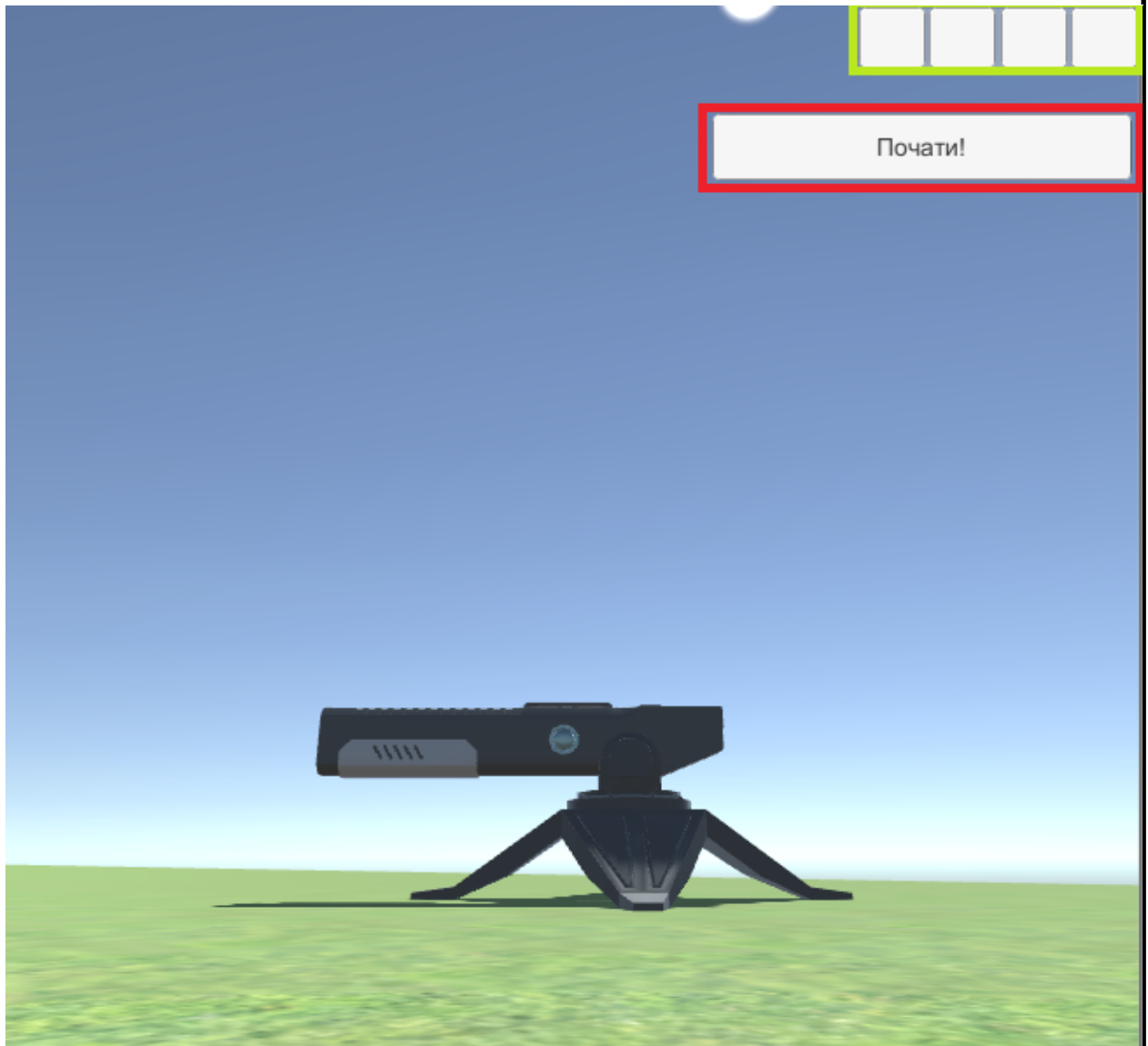


Рисунок 5.3 Меню визначення вхідних даних

Загальне меню знаходиться в правому верхньому куті. Натискання на кожну кнопку відкриває відповідну екранну форму (установки стрільби, природні умови, властивості снаряду, спосіб розрахунку).

Форму введення установок стрільби зображено на рисунку 5.4.

Кут пострілу
0 90 0

Початкова швидкість
0

Назва
Додати

SampleTest
test
18.05.2019/2:50
19.05.2019/17:23

Рисунок 5.4 Форма введення установок стрільби

Кут пострілу (від 0 до 90°) можна ввести в текстове поле або задати слайдером. Зміна кута пострілу візуально відображається на положенні гармати (рисунок 5.5).

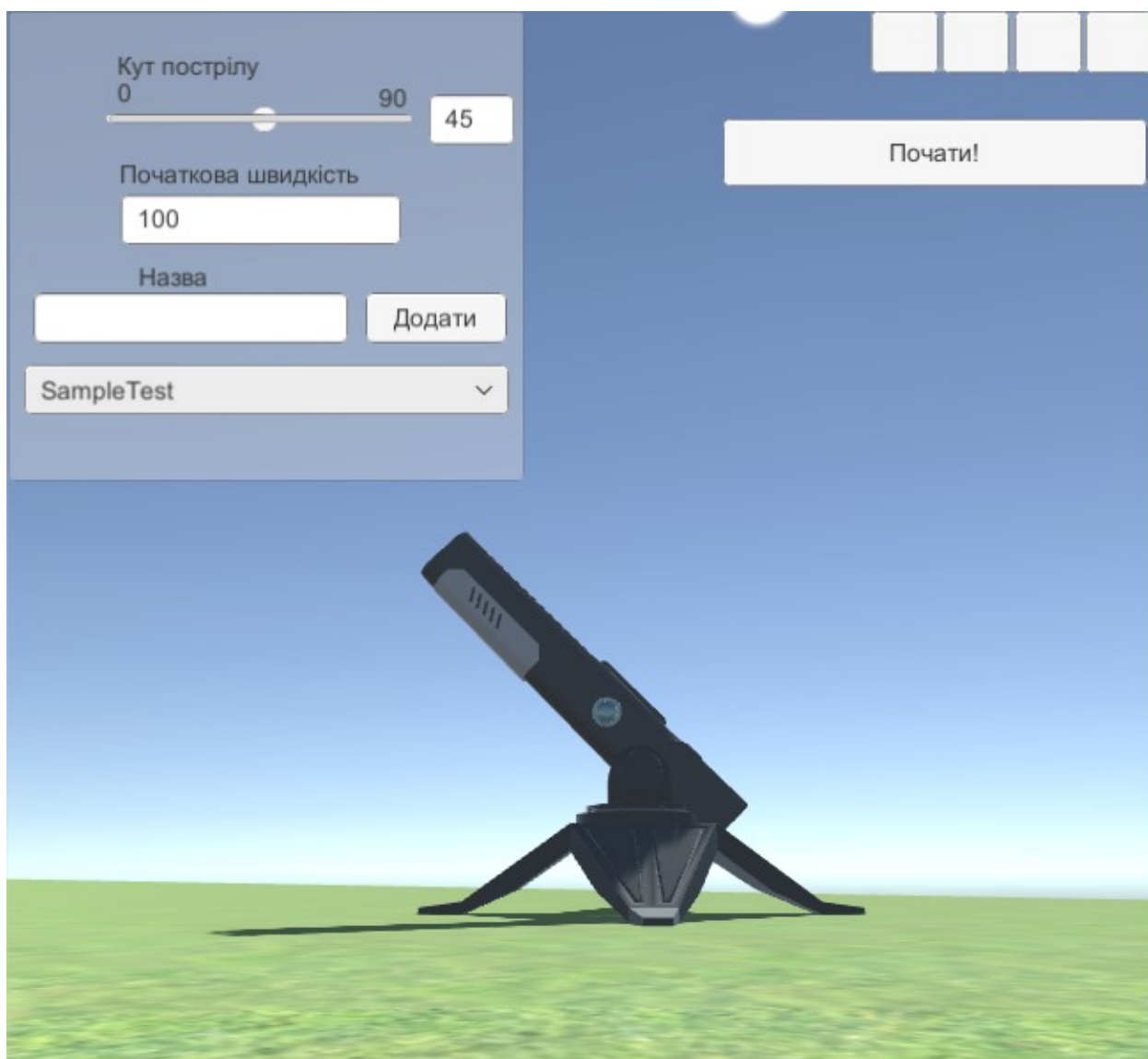


Рисунок 5.5 Зміна положення гармати залежно від кута пострілу

Початкова швидкість (не менше нуля) вводиться у текстове поле. При цьому, забезпечено заборону введення некоректних даних: якщо введено недопустимі дані, поле автоматично повертається у попередній стан.

Щоб зберегти встановлені умови, як семпл, потрібно ввести бажане ім'я у поле “Назва” і натиснути кнопку “Додати”. Якщо назва не буде введена, замість назви буде використана дата та час збереження.

					ДП ІС-5101.1181-с.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		48

Щоб вибрати серед збережених семплів, потрібно відкрити випадаючий список внизу форми і обрати семпл за назвою.

Форма визначення природних умов зображена на рисунку 5.6

Рисунок 5.6 Форма введення даних про природні умови

Порядок введення даних такий самий, як і порядок введення початкової швидкості снаряду.

Швидкість вітру задається у метрах на секунду. Напрямок вітру вводиться за азимутом (0° відповідає напрямку на північ, 180° — строго на південь). Атмосферний тиск задається в мм. рт. ст. Температура повітря задається в градусах Цельсія.

Форма визначення характеристик снаряду зображена на рисунку 5.7.

Рисунок 5.7 Форма введення даних про снаряд

Порядок введення такий самий, як і у попередніх двох формах. Варто зазначити, що в системі використовується лише коефіцієнт, відповідний вибраному методу (див. далі), тож при виконанні одного моделювання, можна вводити лише його; усі три коефіцієнти варто вказати при збереженні семплу.

Форма визначення методу розрахунку зображена на рисунку 5.8.

Рисунок 5.8 Форма визначення методу розрахунку

Виберіть потрібний метод розрахунку з випадального списку. Варто зауважити такі деталі:

- не можна використовувати метод розрахунку “Без опору повітря” для швидкості більше 36 м/с;

					ДП ІС-5101.1181-с.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		50

- не можна використовувати метод розрахунку “Метод Ейлера” для швидкості більше 200 м/с;
- не можна використовувати метод розрахунку “Метод Сіачі” для кута пострілу більше 4°.

Система сама враховує дані обмеження: якщо введено недопустиму комбінацію вхідних даних, виводиться повідомлення про це (рисунок 5.9), і виконання моделювання блокується.

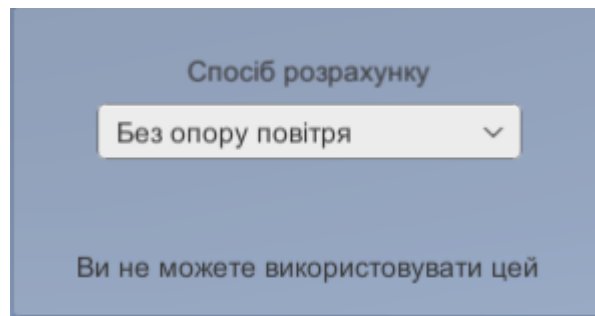


Рисунок 5.9 Введено некоректну комбінацію вхідних даних

Після введення вхідних даних, натисніть кнопку “Почати!” (див. рисунок 5.3, під загальним меню).

Після цього, камера перейде до виду згори, відобразиться віконце ходу моделювання і розпочнеться візуалізація руху снаряду (червона кулька), як зображено на рисунку 5.10.



Рисунок 5.10 Хід моделювання

У віконці ходу моделювання на кожен крок симуляції відображається висота польоту снаряду, пройдена відстань і поточна швидкість.

Після завершення симуляції (коли буде зафіксоване зіткнення снаряду з поверхнею), виведеться вікно результатів моделювання (рисунок 5.11).

Результати моделювання	
Час моделювання	14,40859
Пройдена відстань	1015,607
Максимальна висота	254,9287
Швидкість при зіткненні	98,12873
Енергія зіткнення	0
<input type="button" value="Продовжити"/> <input type="button" value="Зберегти"/>	

Рисунок 5.11 Результати моделювання

У вікні відображено час моделювання в секундах, загальна пройдена відстань, максимальна висота підйому снаряду (в метрах), швидкість снаряду при зіткненні з поверхнею (в м/с) та енергію зіткнення (розраховану за формулою кінетичної енергії, як $E = \frac{mv^2}{2}$).

Щоб зберегти результати, натисніть кнопку “Зберегти”. Щоб перейти до наступного моделювання, натисніть кнопку “Продовжити”.

5.2 Випробування програмного продукту

5.2.1 Мета випробувань

Метою випробувань являється перевірка відповідності функцій комплексу задач Інформаційна система аналізу властивостей складних систем спецпризначення вимогам технічного завдання.

5.2.2 Загальні положення

Випробування проводяться на основі наступних документів:

- ГОСТ 34.603–92. Інформаційна технологія. Види випробувань автоматизованих систем;
- ГОСТ РД 50-34.698-90. Автоматизовані системи вимог до змісту документів.

5.2.3 Результати випробувань

Результати перевірки авторизації наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 — Результати перевірки авторизації

Дія	Реакція	Успіх
Запустити систему	Відображення форми авторизації	+
Ввести в поле “Ім'я користувача” значення “NoUser”, в поле “Пароль” – значення “NoPassword”; натиснути кнопку “Увійти”	Відображення повідомлення про неправильний логін або пароль	+
Ввести дані тестового користувача (ім'я користувача – “TestUser”, пароль – “0000000”)	Отримання доступу до системи	+

Результати перевірки введення даних наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 — Результати перевірки введення даних

Дія	Реакція	Успіх
Відкрити меню “Початкові дані пострілу”	Відображення меню “Початкові дані пострілу”	+
Відкрити меню “Стан навколишнього середовища”	Відображення меню “Стан навколишнього середовища”	+
Відкрити меню “Інформація про снаряд”	Відображення меню “Інформація про снаряд”	+
Відкрити меню “Спосіб розрахунку”	Відображення меню “Спосіб розрахунку”	+

Результати перевірки введення кута пострілу наведено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 — Результати перевірки введення кута пострілу

Дія	Реакція	Успіх
Ввести в текстове поле “Кут пострілу” значення “45”	Слайдер “Кут пострілу” встановиться на значення 45. Ствол моделі гармати встановиться під 45°	+
Виставити слайдер “Кут пострілу” під 90°	В текстовому полі “Кут пострілу” відобразиться значення 90. Ствол моделі гармати виставиться під 90°	+

Результати перевірки граничних умов наведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 — Результати перевірки граничних умов

Дія	Реакція	Успіх
Ввести в кожне поле числового вводу (“Початкова швидкість”, “Кут пострілу”, “Швидкість вітру”, “Напрямок вітру”, “Температура повітря”, “Атмосферний тиск”, “Коефіцієнт опору повітря за методом...” [Ейлера, Сіачі, Адамса-Штермера]) будь-які нечислові символи	Після зняття фокусу з поля, дані будуть видалені	+
Ввести кожне з полів “Початкова швидкість”, “Кут пострілу”, “Швидкість вітру”, “Напрямок вітру”, “Атмосферний тиск”, “Коефіцієнт опору повітря за методом...” [Ейлера, Сіачі, Адамса-Штермера]) від’ємне значення	Після зняття фокусу з поля, дані будуть видалені	+
Ввести в поле “Кут пострілу” значення “90.0001”	Після зняття фокусу з поля, дані будуть видалені	+
Ввести в поле “Напрямок вітру” значення “360.0001”	Після зняття фокусу з поля, дані будуть видалені	+

Продовження таблиці 5.4

Дія	Реакція	Успіх
Ввести в поле “Кут пострілу” значення “90”	Після зняття фокусу з поля, дані залишаються у формі. Відпрацює процес виставлення кута пострілу (див. “Перевірка введення кута пострілу”)	+
Ввести в поле “Напрямок вітру” значення “360”	Після зняття фокусу з поля, дані будуть видалені	+
Ввести в поле “Початкова швидкість” значення “36.0001”, вибрати в полі “Спосіб розрахунку” пункт “Без опору повітря”. Натиснути кнопку “Почати”.	Внизу форми “Спосіб розрахунку” виведеться повідомлення “Недопустиме поєднання вхідних даних”. Моделювання не відбудеться	+
Ввести в поле “Початкова швидкість” значення “200.0001”, вибрати в полі “Спосіб розрахунку” пункт “Метод Ейлера”. Натиснути кнопку “Почати”.	Внизу форми “Спосіб розрахунку” виведеться повідомлення “Недопустиме поєднання вхідних даних”. Моделювання не відбудеться	+

Продовження таблиці 5.4

Дія	Реакція	Успіх
Ввести в поле “Кут пострілу” значення “4.0001”, вибрати в полі “Спосіб розрахунку” пункт “Метод Сіачі”. Натиснути кнопку “Почати”.	Внизу форми “Спосіб розрахунку” виведеться повідомлення “Недопустиме поєднання вхідних даних”. Моделювання не відбудеться	+
Ввести в поле “Початкова швидкість” значення “36”, вибрати в полі “Спосіб розрахунку” пункт “Без опору повітря”. Натиснути кнопку “Почати”.	Моделювання розпочнеться у штатному режимі	+
Ввести в поле “Початкова швидкість” значення “200”, вибрати в полі “Спосіб розрахунку” пункт “Метод Ейлера”. Натиснути кнопку “Почати”.	Моделювання розпочнеться у штатному режимі	+
Ввести в поле “Кут пострілу” значення “4”, вибрати в полі “Спосіб розрахунку” пункт “Метод Сіачі”. Натиснути кнопку “Почати”.	Моделювання розпочнеться у штатному режимі	+

Результати перевірки процесу моделювання наведено в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 — Результати перевірки процесу моделювання

Дія	Реакція	Успіх
Заповнити поля форм введення початкових даних такими значеннями: <ul style="list-style-type: none"> – “Кут пострілу” — 45; – “Початкова швидкість” — 100; – “Швидкість вітру” — 0; – “Температура повітря” — 0; – “Атмосферний тиск” — 0; – “Напрямок вітру” — 0; – “Метод Ейлера” — 0 – “Метод Сіачі” — 0 – “Метод Адамса Штернера” — 0 – “Маса снаряду” — 0; – “Спосіб розрахунку” — “За методом Ейлера”. Натиснути кнопку “Почати”	Вид камери зміниться на вид зверху. Почнеться візуалізація руху снаряду у вигляді червоної кульки. У віконці в правому верхньому куті будуть в режимі реального часу відображатися поля “Висота”, “Пройдена відстань”, “Поточна швидкість”. Після завершення моделювання, відобразиться вікно “Результати моделювання” із таким вмістом: <ul style="list-style-type: none"> – “Час моделювання” — 14.40859 – “Пройдена відстань” — 1015.607 – “Максимальна висота” — 254.9287 – “Швидкість при зіткненні” — 98.12873 – Енергія зіткнення” — 0 	+

Продовження таблиці 5.5

Дія	Реакція	Успіх
Натиснути кнопку “Зберегти”	Виведеться повідомлення “Дані збережено”	+
Натиснути кнопку “Продовжити”	Система повернеться до виду камери на модель гармати	+

Результати перевірки використання даних з файлової системи наведено в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 — Результати перевірки використання даних з файлової системи

Дія	Реакція	Успіх
У формі “Початкові дані пострілу” у випадуючому списку внизу вибрати пункт “TestSample”	Поля форми заповнюються значеннями тестового семплу.	+
Повторити для форм “Стан навколишнього середовища” і “Інформація про снаряд”.	Результат аналогічний	+

Результати перевірки збереження семплів вхідних даних наведено в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 — Результати перевірки збереження семплів вхідних даних

Дія	Реакція	Успіх
У формі “Початкові дані пострілу”, заповнити всі числові поля довільними значеннями. Ввести у поле “Назва” значення “Testing”. Вийти з системи. Увійти в систему знову. Переглянути вміст випадаючого списку.	У випадаючому списку з'явиться новий пункт під назвою “Testing”. Якщо його вибрати, форма заповниться попередньо введеними значеннями.	+
Повторити дії попереднього пункту, але не заповнювати поле “Назва”.	Аналогічно до попереднього пункту, але семпл матиме в якості назви час проведення першої частини випробування.	+
Повторити для форм “Стан навколишнього середовища” і “Інформація про снаряд”.	Результат аналогічний.	+

Висновок до розділу

В цьому розділі наведене керівництво користувача системи, ілюстроване скріншотами з програмного продукту, та опис результатів тестування системи.

ВИСНОВОК

У даній роботі представлено інформаційну систему аналізу складних систем спецпризначення. Розглянуто бізнес-процес, у якому задіяна система (артилерійські стрільби), досліджено існуючі системи подібного призначення, сформульовано цілі і задачі розробки, а також основні функції системи та вимоги до неї. Визначено структури даних, що використовуються в системі, зокрема, csv-файли встановленої структури. Сформульовано балістичну задачу і наведено два способи її розв'язання. Наведено детальний перелік засобів і методів, що були використані при розробці системи (Unity/C# і відповідні засоби, а також засоби роботи з графікою і з csv-файлами), а також опис архітектури системи. Наведено інструкцію для використання системи, а також результати її тестування.

					ДП ІС-5101.1181-с.ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Макеев В.І. Стрільба артилерії / Макеев В.І., Петренко В.М., Житник В.Є – Сумський державний університет, 2010.
2. ПРАВИЛА СТРІЛЬБИ І УПРАВЛІННЯ ВОГНЕМ НАЗЕМНОЇ АРТИЛЕРІЇ Група, дивізіон, батарея, взвод, гармата: за станом на 17.06.2008 / МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ УПРАВЛІННЯ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК І АРТИЛЕРІЇ .
3. Сторінка балістичного калькулятора “Стрелок” [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ada.ru/guns/ballistic/calc/> - Дата доступу: 29.04.2019.
4. Сторінка балістичного калькулятора Борисова [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ada.ru/guns/ballistic/calc/pro/index.htm> - Дата доступу: 29.04.2019.
5. Офіційний сайт продукту Vortex Studio [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.cm-labs.com/vortex-studio/> - Дата доступу: 29.04.2019.
6. Офіційний сайт продукту VIRTUAL BATTLESPACE [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://bisimulations.com/products/virtual-battlespace> - Дата доступу: 29.04.2019.
7. Офіційний сайт компанії “Конструкторське бюро “Логіка”” [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.logika.com.ua/> - Дата доступу: 29.04.2019.
8. Шапиро Я.М Внешняя баллистика / Шапиро Я.М. – Государственное издательство оборонной промышленности, Москва, 1946 - Дата доступу: 29.04.2019.
9. Офіційний сайт продукту Visual Studio [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://visualstudio.microsoft.com/> - Дата доступу: 29.04.2019.
10. Офіційний сайт компанії Unity [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://unity.com/ru> - Дата доступу: 29.04.2019.

					ДП ІС-5101.1181-с.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		62

- 11.Офіційний сайт проекту GIMP [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.gimp.org/> - Дата доступу: 29.04.2019.
- 12.Офіційний сайт бібліотеки FileHelpers [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.filehelpers.net/> - Дата доступу: 29.04.2019.
- 13.C# programming guide [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/programming-guide/index> - Дата доступу: 29.04.2019.
14. Common Format and MIME Type for Comma-Separated Values (CSV) Files [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tools.ietf.org/html/rfc4180> - Дата доступу: 29.04.2019.

Додаток А

Тексти програмного коду**Система моніторингу стану працездатності банкоматної мережі**

(Найменування програми (документа))

DVD-R

(Вид носія даних)

22 арк, 65,7 КБ

(Обсяг програми (документа) , арк.,) Кб)

Київ – 2019 року

					ДП ІС-5101.1181-с.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ЗМІСТ

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	3
1.1 Повне найменування системи та її умовне позначення.....	3
1.2 Найменування організації-замовника та організацій-учасників робіт	3
1.3 Перелік документів, на підставі яких створюється система.....	3
1.4 Планові терміни початку і закінчення роботи зі створення системи.....	
2 ПРИЗНАЧЕННЯ І ЦІЛІ СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ).....	4
2.1 Призначення системи.....	4
2.2 Цілі створення системи.....	4
3 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	5
4 ВИМОГИ ДО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	6
4.1 Вимоги до функціональних характеристик.....	6
4.2 Вимоги до надійності.....	6
4.3 Вимоги до складу і параметрів технічних засобів.....	7
5 СТАДІЇ І ЕТАПИ РОЗРОБКИ.....	8
5.1 Проектування системи.....	8
5.2 Розробка системи.....	8
5.3 Тестування системи.....	8
5.4 Розробка проектної документації.....	8
6 ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ТА ПРИЙМАННЯ.....	9
6.1 Види випробувань.....	9

					ДП ІС-5101.1181-с.ТЗ			
Зм.	Арк.	Прізвище	Підпис	Дата				
Розроб.		Абрашина Н.О.			Інформаційна система аналізу властивостей складних систем спецпризначення	Лім.	Лист	Листів
Перевірив.		Баклан І.В.					2	9
.						КПІ ім. Ігоря Сікорського кафедра АСОІУ гр. ІС-51		
Н. кон.		Тєлишева Т.О						
Затв.		Павлов О.А.						

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 Повне найменування системи та її умовне позначення

Інформаційна система аналізу властивостей складних систем спецпризначення (далі Система).

1.2 Найменування організації-замовника та організацій-учасників робіт

Організація-замовник — Національний Технічний Університет України “Київський Політехнічний Інститут імені Ігора Сікорського” (НТУУ “КПІ ім. Ігора Сікорського”, далі Замовник).

Виконавець робіт — студент НТУУ “КПІ ім. Ігора Сікорського”
Абрашина Надія Олександрівна (далі Виконавець).

1.3 Перелік документів, на підставі яких створюється система

При розробці системи і створенні проектно-експлуатаційної документації Виконавець повинен керуватися наступними вимогами наступних нормативних документів:

- ДСТУ 19.201-78. Технічне завдання. Вимоги до змісту і оформлення;
- ДСТУ 34.601-90. Комплекс стандартів на автоматизовані системи.

Автоматизовані системи. Стадії створення;

- ДСТУ 34.201-89. Інформаційні технології. Комплекс стандартів на автоматизовані системи. Види, комплектність і позначення документів при створенні автоматизованих систем.

1.4 Планові терміни початку і закінчення роботи зі створення системи

Початок робіт зі створення системи — 15.04.2019.

Закінчення робіт зі створення системи — 30.05.2019.

2 ПРИЗНАЧЕННЯ І ЦІЛІ СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ)

2.1 Призначення системи

Призначенням розроблюваної системи є імітація руху артилерійського снаряду з урахуванням таких параметрів, як:

- початкова швидкість;
- кут пострілу;
- сила тяжіння;
- коефіцієнт опору повітря;
- атмосферний тиск;
- температура повітря.

2.2 Цілі створення системи

Метою створення системи є підвищення якості початкової підготовки особового складу, зменшення розходів боєприпасів та ризиків, пов'язаних з пошкодженням техніки, під час підготовки.

					ДП ІС-5101.1181-с.ТЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

Експлуатація системи буде проводитися у НТУУ “КПІ ім. Ігора Сікорського”. Комплекс технічних засобів, необхідний для роботи програми буде розміщений у навчальному комплексі №18.

					ДП ІС-5101.1181-с.ТЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ВИМОГИ ДО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1 Вимоги до функціональних характеристик

Система повинна забезпечувати моделювання руху снаряду в просторі, зокрема мати такі функції, як:

- відслідковування поточного стану снаряду;
- відслідковування координат снаряду;
- відслідковування швидкості снаряду;
- відслідковування куту снаряду до поверхні;
- врахування гравтаційного впливу;
- врахування опору повітря;
- врахування атмосферного тиску;
- врахування балістичного вітру;
- візуалізація руху снаряду;
- розрахунок енергії у точці падіння снаряду.

4.2 Вимоги до надійності

З метою запобігання невірному введенню даних користувачем до Системи має бути реалізовано контроль та перевірка вхідних даних на етапі їх внесення. Зокрема, повинні бути враховані обмеження на поєднання вхідних даних:

- розрахунок руху снаряду без урахування опору повітря допустимий лише при початковій швидкості до 36 м/с;
- розрахунок руху снаряду за методом Ейлера допустимий лише при початковій швидкості до 200 м/с;
- розрахунок руху снаряду за методом Сіачі допустимий лише при куті пострілу до 3°.

					ДП ІС-5101.1181-с.ТЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3 Вимоги до складу і параметрів технічних засобів

Для функціонування системи необхідний персональний комп'ютер зі встановленою операційною системою Windows 10 і необхідними для нормальної роботи периферійними пристроями, зокрема:

- сховище даних (HHD або SSD диск);
- монітор;
- клавіатура;
- миша.

Розміщення технічних засобів, на яких буде використовуватися програма, повинне відповідати вимогам чинного законодавства у галузі охорони праці.

					ДП ІС-5101.1181-с.ТЗ		Арк.
ДП ІС-5101.1181-с.ТЗ							7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

5 СТАДІЇ І ЕТАПИ РОЗРОБКИ

5.1 Проектування системи

15.04.2019

5.2 Розробка системи

15.04.2019

5.3 Тестування системи

12.04.2019

5.4 Розробка проектної документації

19.05.2019

					ДП ІС-5101.1181-с.ТЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ТА ПРИЙМАННЯ

6.1 Види випробувань

При прийманні системи, повинне бути виконані тестування таких функцій системи як: процес авторизації; процес введення вхідних даних для моделювання; процес роботи з файловою системою; процес моделювання; отримання кінцевих результатів моделювання. Детальний опис необхідних тестів наведено у Програмі і методиці випробувань.

					ДП ІС-5101.1181-с.ТЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

1	ОБ'ЄКТ ВИПРОБУВАННЯ.....	3
1.1	Найменування програми.....	3
1.2	Область застосування.....	3
1.3	Умовне позначення програми.....	3
2	МЕТА випробувань.....	4
3	Вимоги до програмного продукту.....	5
3.1	Вимоги до функціональних характеристик.....	5
3.1.1	Вимоги до складу виконуваних функцій.....	5
4	Вимоги до програмної документації.....	6
5	Склад і порядок випробувань.....	7
6	Методи випробувань.....	8

					ДП ІС-5101.1181-с.ПМВ									
Зм.	Арк.	Прізвище	Підпис	Дата										
Розроб.		Абрашина Н.О			Інформаційна система аналізу властивостей складних систем спецпризначення				Літ.		Лист	Листів		
											2	14		
Перевірив.		Баклан І.В.							КПІ ім. Ігоря Сікорського кафедра АСОІУ гр. ІС-51					
Н. кон.		Телишева Т.О.												
Затв.		Павлов О.А.												

1 ОБ'ЄКТ ВИПРОБУВАННЯ**1.1 Найменування програми**

Інформаційна система аналізу властивостей складних систем спецпризначення (далі Система).

1.2 Область застосування

Система призначена для застосування у сфері досліджень поведінки складних систем спецпризначення, а також як частина навчального комплексу.

1.3 Умовне позначення програми

ІСАВССС

2 МЕТА ВИПРОБУВАНЬ

Випробування проводяться з метою перевірки відповідності програми технічному завданню та вирішення питання про можливість використання системи.

					ДП ІС-5101.1181-с.ПМВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	4	

3 ВИМОГИ ДО ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ

3.1 Вимоги до функціональних характеристик

3.1.1 Вимоги до складу виконуваних функцій

До складу виконуваних функцій висуваються такі вимоги, як:

- відслідковування поточного стану снаряду;
- відслідковування координат снаряду;
- відслідковування швидкості снаряду;
- відслідковування куту снаряду до поверхні;
- врахування гравітаційного впливу;
- врахування опору повітря;
- врахування атмосферного тиску;
- врахування балістичного вітру;
- врахування рельєфу;
- візуалізація руху снаряду;
- розрахунок енергії у точці падіння снаряду.

4 ВИМОГИ ДО ПРОГРАМНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Програмна документація повинна бути розроблена на основі методичних вказівок щодо оформлення дипломної роботи бакалавра.

					ДП ІС-5101.1181-с.ПМВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6	

5 СКЛАД І ПОРЯДОК ВИПРОБУВАНЬ

Під час випробувань системи, необхідно виконати такі тести:

- тестування авторизації: введено недопустимі дані;
- тестування авторизації: введено допустимі дані;
- тестування введення вхідних даних: сукупність даних некоректна;
- тестування введення вхідних даних: сукупність даних коректна;
- тестування читання вхідних даних з файлової системи;
- тестування збереження вхідних даних до файлової системи;
- тестування проходження моделювання;
- тестування збереження вихідних даних.

6 МЕТОДИ ВИПРОБУВАНЬ

План перевірки авторизації наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 — План перевірки авторизації

Дія	Реакція
Запустити систему	Відображення форми авторизації
Ввести в поле “Ім'я користувача” значення “NoUser”, в поле “Пароль” – значення “NoPassword”; натиснути кнопку “Увійти”	Відображення повідомлення про неправильний логін або пароль
Ввести дані тестового користувача (ім'я користувача – “TestUser”, пароль – “0000000”)	Отримання доступу до системи

План перевірки введення даних наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 — План перевірки введення даних

Дія	Реакція
Відкрити меню “Початкові дані пострілу”	Відображення меню “Початкові дані пострілу”
Відкрити меню “Стан навколишнього середовища”	Відображення меню “Стан навколишнього середовища”
Відкрити меню “Інформація про снаряд”	Відображення меню “Інформація про снаряд”
Відкрити меню “Спосіб розрахунку”	Відображення меню “Спосіб розрахунку”

План перевірки введення кута пострілу наведено в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 — План перевірки введення кута пострілу

Дія	Реакція
Ввести в текстове поле “Кут пострілу” значення “45”	Слайдер “Кут пострілу” встановиться на значення 45. Ствол моделі гармати встановиться під 45°
Виставити слайдер “Кут пострілу” під 90°	В текстовому полі “Кут пострілу” відобразиться значення 90. Ствол моделі гармати виставиться під 90°

План перевірки граничних умов наведено в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 — План перевірки граничних умов

Дія	Реакція
Ввести в кожне поле числового вводу (“Початкова швидкість”, “Кут пострілу”, “Швидкість вітру”, “Напрямок вітру”, “Температура повітря”, “Атмосферний тиск”, “Коефіцієнт опору повітря за методом...” [Ейлера, Сіачі, Адамса-Штермера]) будь-які нечислові символи	Після зняття фокусу з поля, дані будуть видалені

Продовження таблиці 6.4

Дія	Реакція
Ввести кожне з полів “Початкова швидкість”, “Кут пострілу”, “Швидкість вітру”, “Напряв вітру”, “Атмосферний тиск”, “Коефіцієнт опору повітря за методом...” [Ейлера, Сіачі, Адамса-Штермера]) відємне значення	Після зняття фокусу з поля, дані будуть видалені
Ввести в поле “Кут пострілу” значення “90.0001”	Після зняття фокусу з поля, дані будуть видалені
Ввести в поле “Напряв вітру” значення “360.0001”	Після зняття фокусу з поля, дані будуть видалені
Ввести в поле “Кут пострілу” значення “90”	Після зняття фокусу з поля, дані залишаться у формі. Відпрацює процес виставлення кута пострілу (див. “Перевірка введення кута пострілу”)
Ввести в поле “Напряв вітру” значення “360”	Після зняття фокусу з поля, дані будуть видалені
Ввести в поле “Початкова швидкість” значення “36.0001”, вибрати в полі “Спосіб розрахунку” пункт “Без опору повітря”. Натиснути кнопку “Почати”.	Внизу форми “Спосіб розрахунку” виведеться повідомлення “Недопустиме поєднання вхідних даних”. Моделювання не відбудеться

Продовження таблиці 6.4

Дія	Реакція
Ввести в поле “Початкова швидкість” значення “200.0001”, вибрати в полі “Спосіб розрахунку” пункт “Метод Ейлера”. Натиснути кнопку “Почати”.	Внизу форми “Спосіб розрахунку” виведеться повідомлення “Недопустиме поєднання вхідних даних”. Моделювання не відбудеться
Ввести в поле “Кут пострілу” значення “4.0001”, вибрати в полі “Спосіб розрахунку” пункт “Метод Сіачі”. Натиснути кнопку “Почати”.	Внизу форми “Спосіб розрахунку” виведеться повідомлення “Недопустиме поєднання вхідних даних”. Моделювання не відбудеться
Ввести в поле “Початкова швидкість” значення “36”, вибрати в полі “Спосіб розрахунку” пункт “Без опору повітря”. Натиснути кнопку “Почати”.	Моделювання розпочнеться у штатному режимі
Ввести в поле “Початкова швидкість” значення “200”, вибрати в полі “Спосіб розрахунку” пункт “Метод Ейлера”. Натиснути кнопку “Почати”.	Моделювання розпочнеться у штатному режимі
Ввести в поле “Кут пострілу” значення “4”, вибрати в полі “Спосіб розрахунку” пункт “Метод Сіачі”. Натиснути кнопку “Почати”.	Моделювання розпочнеться у штатному режимі

План перевірки процесу моделювання наведено в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 — План перевірки процесу моделювання

Дія	Реакція
Заповнити поля форм введення початкових даних такими значеннями:	Вид камери зміниться на вид зверху. Почнеться візуалізація руху снаряду у вигляді червоної кульки. У віконці в правому верхньому куті будуть в режимі реального часу відображатися поля “Висота”, “Пройдена відстань”, “Поточна швидкість”.
– “Кут пострілу” — 45;	
– “Початкова швидкість” — 100;	
– “Швидкість вітру” — 0;	Після завершення моделювання, відобразиться вікно “Результати моделювання” із таким вмістом:
– “Температура повітря” — 0;	– “Час моделювання” — 14.40859
– “Атмосферний тиск” — 0;	– “Пройдена відстань” — 1015.607
– “Напрямок вітру” — 0;	– “Максимальна висота” — 254.9287
– “Метод Ейлера” — 0	– “Швидкість при зіткненні” — 98.12873
– “Метод Сіачі” — 0	– Енергія зіткнення” — 0
– “Метод Адамса Штернера” — 0	
– “Маса снаряду” — 0;	
– “Спосіб розрахунку” — “За методом Ейлера”.	
Натиснути кнопку “Почати”	

Продовження таблиці 6.5

Дія	Реакція
Натиснути кнопку “Зберегти”	Виведеться повідомлення “Дані збережено”
Натиснути кнопку “Продовжити”	Система повернеться до виду камери на модель гармати

План перевірки використання даних з файлової системи наведено в таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 — План перевірки використання даних з файлової системи

Дія	Реакція
У формі “Початкові дані пострілу” у випадяючому списку внизу вибрати пункт “TestSample”	Поля форми заповняться значеннями тестового семплу.
Повторити для форм “Стан навколишнього середовища” і “Інформація про снаряд”.	Результат аналогічний

План перевірки збереження семплів вхідних даних наведено в таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 — План перевірки збереження семплів вхідних даних

Дія	Реакція
У формі “Початкові дані пострілу”, заповнити всі числові поля довільними значеннями. Ввести у поле “Назва” значення “Testing”. Вийти з системи. Увійти в систему знову. Переглянути вміст випадального списку.	У випадальному списку з'явиться новий пункт під назвою “Testing”. Якщо його вибрати, форма заповниться попередньо введеними значеннями.
Повторити дії попереднього пункту, але не заповнювати поле “Назва”.	Аналогічно до попереднього пункту, але семпл матиме в якості назви час проведення першої частини випробування.
Повторити для форм “Стан навколишнього середовища” і “Інформація про снаряд”.	Результат аналогічний.

Математична модель

Припущення:

- вісь снаряду співпадає із дотичною до траєкторії його руху, сила опору повітря спрямована проти напрямку руху;
- не враховуємо кривизну поверхні Землі та її рух;
- приймемо прискорення вільного падіння як константу;
- метеорологічні умови нормальні

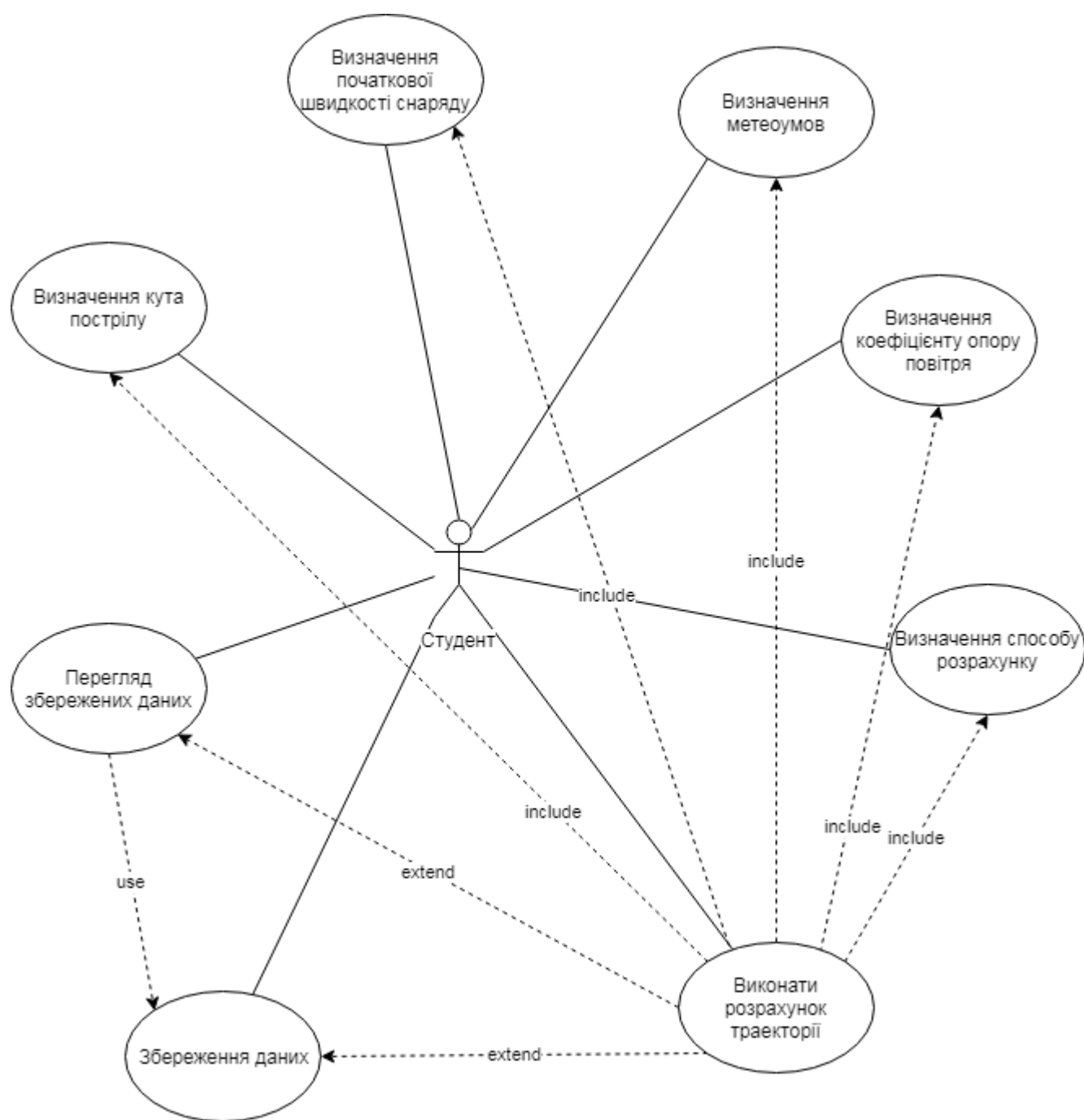
Загальна формула:

$$\left. \begin{aligned} \frac{du}{d\theta} &= \frac{c}{g} H(y) v F(v) \\ \frac{dt}{d\theta} &= \frac{-u}{g \cos^2 \theta} \\ \frac{dx}{d\theta} &= \frac{-u^2}{g \cos^2 \theta} \\ \frac{dy}{d\theta} &= \frac{u^2 \operatorname{tg} \theta}{g \cos^2 \theta} \end{aligned} \right\}$$

Вхідні дані:

- θ_0 – початковий кут;
- v_0 – початкова швидкість
- $x_0=0$, $y_0=0$ – початкове положення
- $t_0=0$ – початок відліку часу

Демонстраційний плакат до
дипломного проекту
„Інформаційна система аналізу властивостей
складних систем спецпризначення ”
Виконала студентка гр. ІС-51 Абрашина
Н.О
Керівник ДП Баклан І.В.



ДП ІС-5101.1181-с.ССВ

Схема структурна варіантів
використанняІнформаційна система аналізу властивостей складних систем
спецпризначення

Літера

Маса

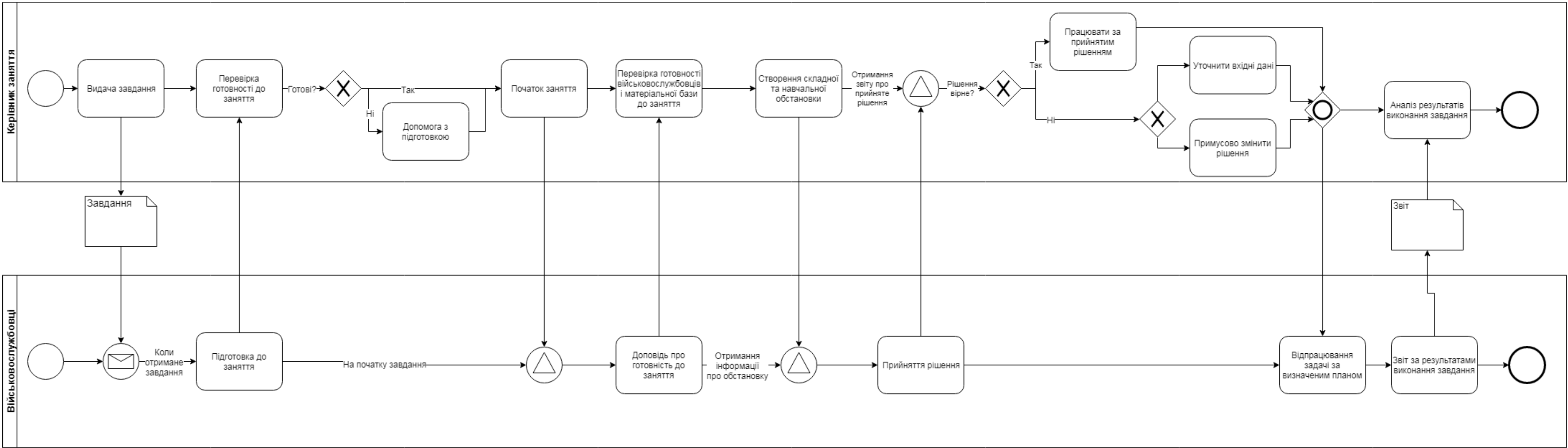
Масштаб

Аркуш 1

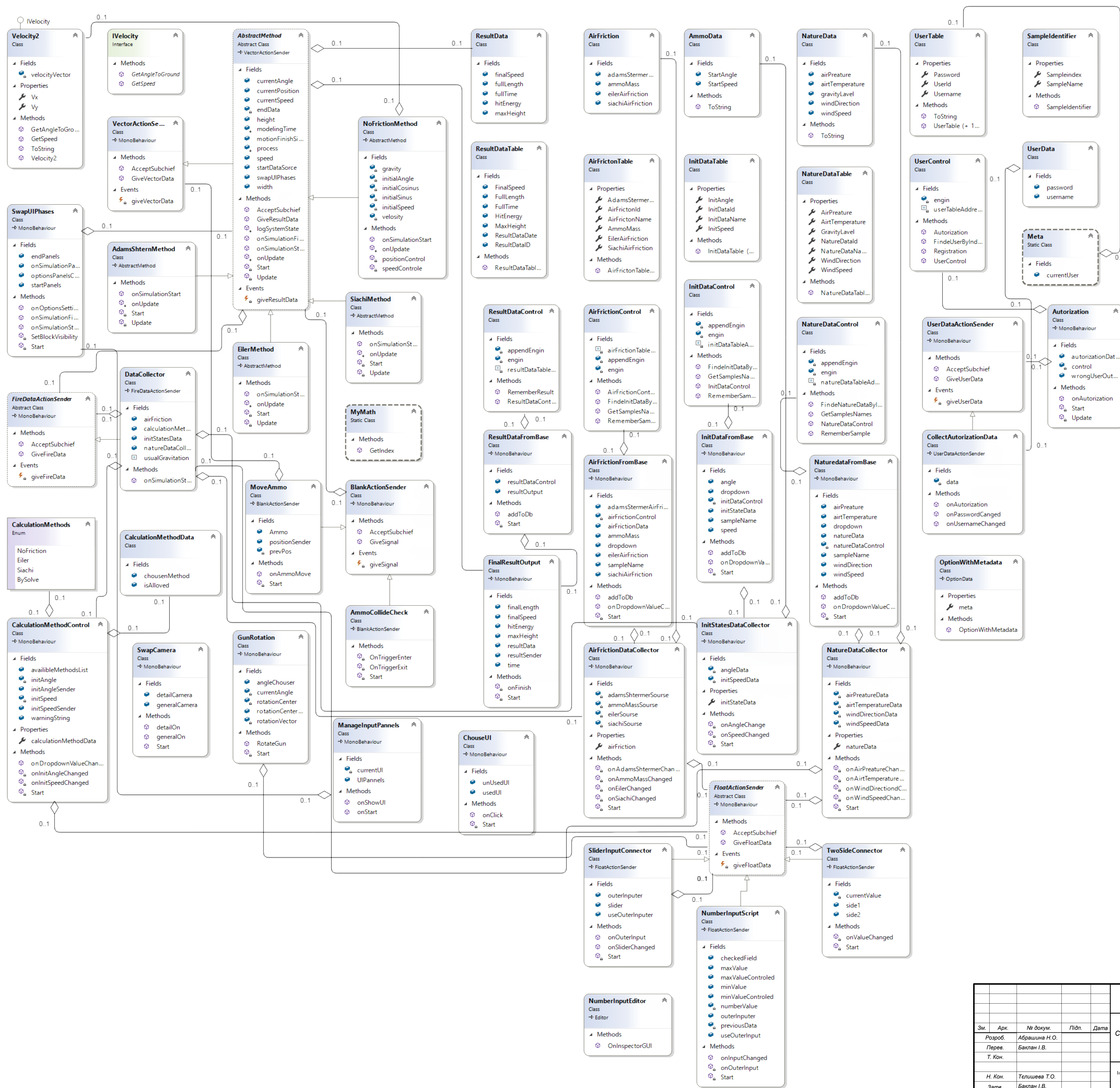
Аркушів 1

КПІ ім. Ігоря Сікорського
кафедра АСОІУ гр. ІС-41

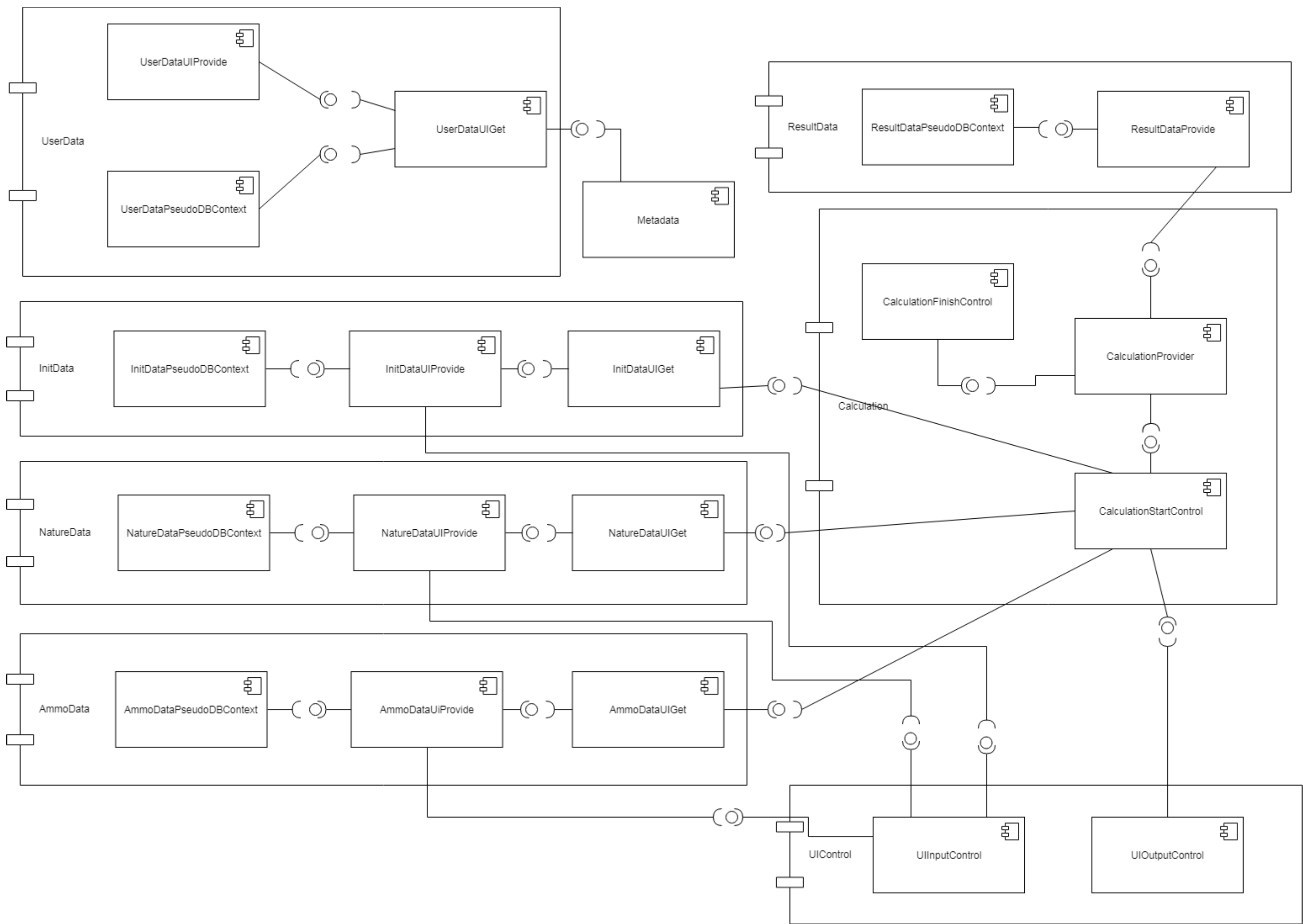
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
Розробив		Абрашина Н.О.		
Перевірив		Баклан І.В.		
Т. кон.				
Н. кон.		Телишева Т.О.		
Затвердив		Баклан І.В.		



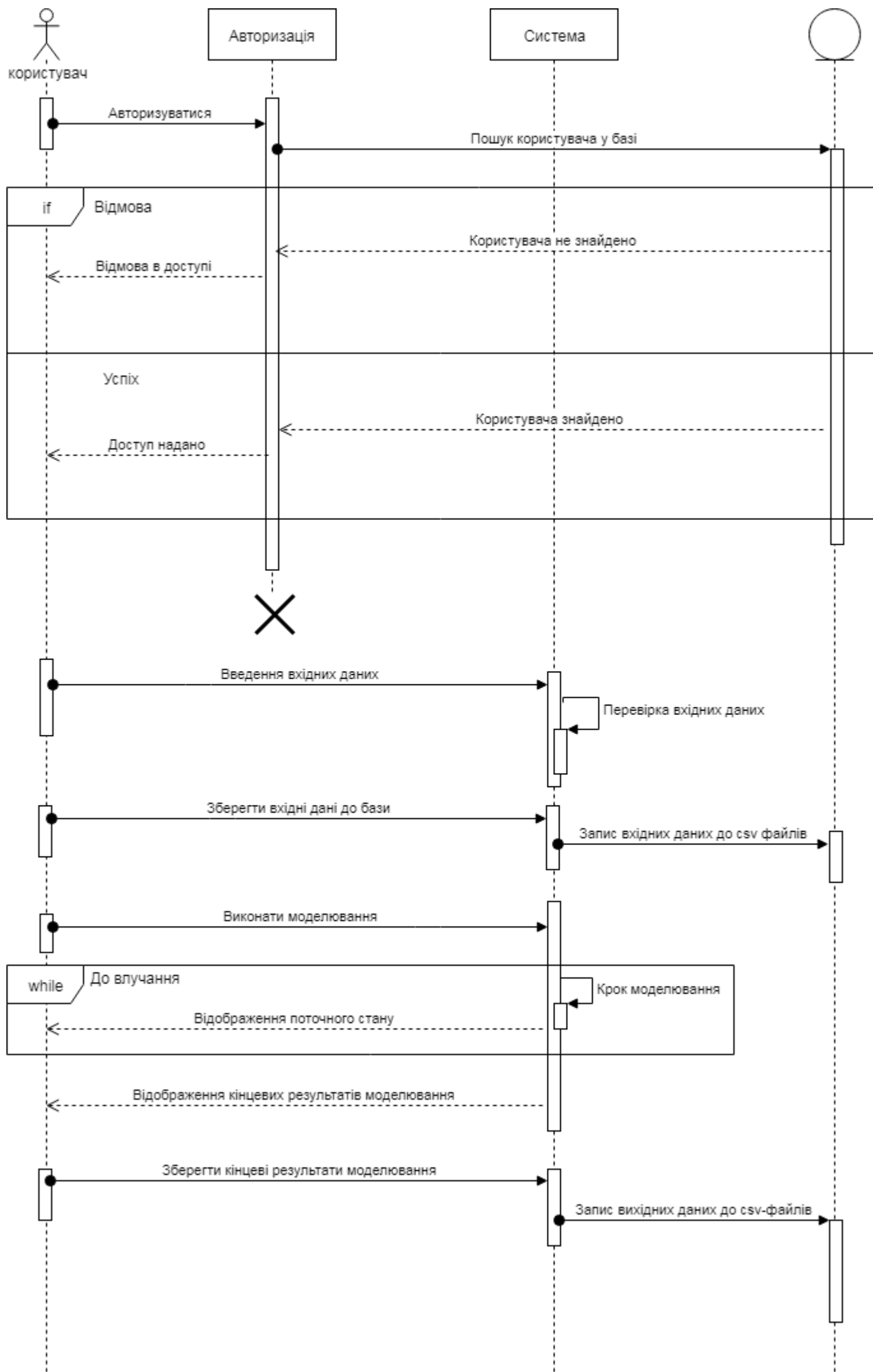
						ДП ІС-5101.1181-с.ССД						
						Схема структурна діяльності	Лит.		Маса		Масштаб	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата								
	Розроб.	Абрашина Н.О.										
	Перев.	Баклан І.В.										
	Т. Кон.						Аркуш 1			Аркуші 1		
	Н. Кон.	Телишева Т.О.				Інформаційна система аналізу властивостей складних систем спецпризначення	КПІ ім. Ігоря Сікорського кафедра АСОІУ гр. ІС-41					
	Затв.	Баклан І.В.										



						ДП ІС-5101.1181-с.ССК		
						Схема структурна класіє програмного забезпечення		
						Лист.	Маса	Масштаб
						Аркуш 1	Аркуші 1	
						Інформаційна система аналізу властивостей складних систем спеціалізованого призначення		
						КПІ ім. Ігоря Сікорського кафедра АСОІУ гр. ІС-41		



					ДП ІС-5101.1181-с.ССК				
					Схема структурна компонентів програмного забезпечення	Лит.		Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					
Розроб.		Абрашина Н.О.							
Перев.		Баклан І.В.							
Т. Кон.						Аркуш 1		Аркуші 1	
Н. Кон.		Телишева Т.О.			Інформаційна система аналізу властивостей складних систем спеціалізованого призначення	КПІ ім. Ігоря Сікорського кафедра АСОІУ гр. ІС-41			
Зам.		Баклан І.В.							



					ДП ІС-5101.1181-с.ССП				
					Схема структурна послідовностей програмного забезпечення	Лит.		Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					
Розроб.		Абрашине Н.О.							
Перев.		Баклан І.В.							
						Аркуш 1		Аркушів 1	
					Інформаційна система аналізу властивостей складних систем спецпризначення	КПІ ім. Ігоря Сікорського кафедра АСОІУ гр. ІС-41			
Н. Кон.		Телишева Т.О.							
Затв.		Баклан І.В.							